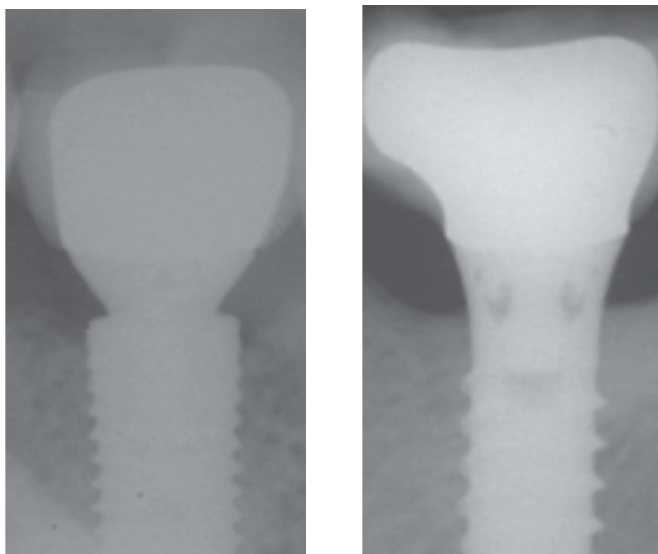

Comportamiento de los tejidos óseo y mucoso
perimplantarios con la utilización de un sistema
de implantes dentales de plataforma estrecha.
Un año de seguimiento.



Noelia Fernández Formoso

2011



Departamento de Estomatología.
Facultad de Medicina y Odontología.

El Prof. Dr. Benito Rilo Pousa, Profesor Titular del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, y la Prof.^a Dra. María Jesús Mora Bermúdez, Profesora titular del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela,

CERTIFICAN:

Que la presente Tesis Doctoral titulada *“Comportamiento de los tejidos óseo y mucoso perimplantarios con la utilización de un sistema de implantes dentales de plataforma estrecha. Un año de seguimiento”*, de la licenciada en Odontología Noelia Fernández Formoso, ha sido elaborada bajo nuestra dirección, y hallándose concluida, consideramos a la doctoranda en condiciones para optar al grado de doctor, autorizándole a su presentación a fin de que pueda ser defendida ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste, se expide la presente certificación en Santiago de Compostela, a 16 de Junio de 2011.

Fdo: Prof. Dr. Benito Rilo Pousa
(Director de Tesis)

Fdo: Prof.^a Dra. M^a Jesús Mora Bermúdez
(Co-Directora de Tesis)

Fdo: Noelia Fernández Formoso
(Doctoranda)

AGRADECIMIENTOS

A los profesores Benito Rilo Pousa y M^a Jesús Mora Bermúdez, bajo cuya dirección he realizado el presente trabajo y que sin su valiosa labor esta tesis no hubiera sido posible.

A los profesores Urbano Santana Penín y Luis DaSilva Domínguez, así como a toda la Unidad de Prótesis Dental, por el constante estímulo para la realización de este trabajo.

A mis padres por su apoyo incondicional en todo momento y a José Antonio, Luis, Gabriela y Carlos por poder contar siempre con ellos.

A mis padres.

I. INTRODUCCIÓN.	1
I.1 Conceptos de osteointegración, éxito, fracaso y complicación.	2
I.2 Evaluación del hueso.	10
I.2.1 Distorsión radiográfica.	13
I.2.2 Definición y localización de los puntos de referencia.	18
I.2.3 Unión implante-hueso.	19
I.3 Evaluación de los tejidos blandos.	24
I.4 Nuevo concepto de plataforma.	33
II. JUSTIFICACIÓN.	47
III. OBJETIVOS.	53
IV. MATERIAL Y MÉTODO.	57
IV.1 Medición radiológica del nivel óseo.	63
IV.2 Valoración del método radiológico de medición.	69
IV.3 Medición de los tejidos blandos.	70
IV.4 Análisis estadístico.	73
IV.4.1 Análisis estadístico de la precisión del método.	73
IV.4.2 Análisis estadístico de la medición del nivel óseo.	74
IV.4.3 Análisis estadístico de la medición de tejidos blandos.	75

Índice

V. RESULTADOS. 79

V.1 Resultados de la precisión del método radiológico de medición. 79

V.2 Resultados de las mediciones del nivel óseo. 83

V.3 Resultados de las mediciones de tejidos blandos. 86

VI. DISCUSIÓN. 93

VI.1 Implicaciones clínicas del estudio. 116

VI.2 Limitaciones del estudio. 117

VI.3 Nuevas rutas de investigación..... 118

VII. CONCLUSIONS..... 121

VIII. BIBLIOGRAFÍA. 125

IX. SUMMARY..... 169

X. ANEXO I. 195

I. INTRODUCCIÓN.

I. INTRODUCCIÓN.

La implantología ha revolucionado como ningún otro procedimiento el campo de la odontología en los últimos años, y se amplía a nuevos campos como la cirugía plástica y la traumatología. El éxito inicial como soporte y retención para restauraciones completas pronto dio paso a su utilización no solamente en los casos de edentulismo total sino también en prótesis fijas y unitarias ofreciendo soluciones en cualquier faceta de la prostodoncia.⁽¹⁻⁶⁾ La utilización de los implantes osteointegrados se ha convertido en la práctica diaria en un procedimiento de rehabilitación oral estándar. Los requisitos funcionales de las prótesis osteointegradas se obtienen de manera habitual (estabilidad, retención, soporte, fonación, capacidad masticatoria, etc.) y se solventan las deficiencias previas con lo que el paciente recupera sus capacidades.⁽⁷⁾

Desde la introducción de los implantes osteointegrados, nuevas alternativas de tratamientos prostodónticos están disponibles para los pacientes con zonas edéntulas. La reposición de los dientes perdidos mediante los implantes, se ha convertido en un tratamiento predecible tanto en pacientes con edentación parcial como completa.⁽⁸⁻¹⁰⁾ Diez años de seguimiento de las prótesis fijas en dientes naturales revelan una supervivencia de aproximadamente el 75%.^(11, 12) En contraste, la ratio de supervivencia de implantes endoóseos se ha mostrado mayor de un 90%.^(13, 14) Dados estos altos índices de éxito, las opciones de tratamiento se han extendido para incluir la carga inmediata y la carga temprana en los implantes. Sin embargo la cirugía en dos pasos y las técnicas de retraso de la carga están todavía vigentes en ciertas circunstancias.⁽¹⁵⁾ En el momento actual la terapia con implantes es susceptible de aplicación a cualquier tipo de edentación, tanto unitaria como múltiple o total. Por lo tanto, al

Introducción

objetivo primario de la reposición dentaria que es el restablecimiento de la función masticatoria, se han añadido otros objetivos que incluyen las valoraciones estéticas. Las consideraciones estéticas en áreas posteriores se consideran de menor importancia, en cambio, en localizaciones anteriores son de gran relevancia y a menudo presentan un considerable reto para los clínicos y los técnicos dentales, porque varios factores de riesgo locales tienen el potencial para comprometer la predicción de los resultados.^(16, 17)

Además de protocolizar las técnicas para lograr unos resultados estéticos y funcionales, los clínicos han intentado acortar el tiempo total de tratamiento y minimizar el número de intervenciones para incrementar el atractivo de la terapia de los implantes a los pacientes. Estos intentos han recibido un aumento de atención en los últimos años, en particular la restauración de dientes unitarios postextracción. A finales de los años 80, la colocación tardía de los implantes, de 6 a 12 meses tras la extracción, era la norma en los protocolos de cicatrización; desde entonces, se han planteado propuestas alternativas como la colocación de implantes inmediatos a la extracción, o implantes tempranos, que incluyen unas semanas de cicatrización de los tejidos blandos previos a la inserción del implante.⁽¹⁸⁻²⁴⁾

I.1 Conceptos de osteointegración, éxito, fracaso y complicación.

La terapia con implantes endoóseos depende del contacto íntimo entre implante y hueso. La mayoría de la literatura publicada sobre implantes ha examinado los parámetros involucrados para conseguir este contacto directo bajo unas bases predecibles y variadas condiciones anatómicas y protéticas. El contacto hueso-implante puede ser evaluado de múltiples formas, así por ejemplo, los estudios histométricos pueden determinar la cantidad de contacto

(normalmente expresada con un porcentaje) y otros estudios analizan las características funcionales de los implantes con la medición del torque necesario para poder retirar un implante de su lecho óseo. Todo ello depende del contacto entre el hueso y el implante, y este contacto va a variar entre las diferentes localizaciones en la boca, así como, entre los distintos individuos. A partir de este concepto del contacto hueso-implante, se comienza a definir lo que posteriormente se conocería como la osteointegración.⁽²⁵⁾

El concepto de osteointegración fue desarrollado por Bränemark⁽²⁶⁾ a mediados de la década de los sesenta y constituye el primer procedimiento predecible a largo plazo del éxito de los implantes orales. Desde entonces, el término ha sido definido desde varios puntos de vista: los resultados clínicos a largo plazo, evaluación cuantitativa de la capacidad mecánica en la interfase, y la apariencia morfológica de la interfase tejido-implante. Una de las primeras definiciones de osteointegración: “la directa conexión funcional y estructural entre el hueso y la superficie del implante” fue realizada por Albrektsson y cols. en 1981.⁽²⁷⁾ Otras definiciones de osteointegración se presentaron a continuación en términos similares.^(28, 29) Según Zarb y Albrektsson,⁽³⁰⁾ la definición únicamente aceptable de osteointegración está basada en un examen clínico. Estos autores describen osteointegración como “un proceso en el cual una fijación rígida clínicamente asintomática de material aloplástico se mantiene en el hueso durante la carga funcional”. Esto contradice el primitivo concepto según el cual los implantes se unen mediante tejido conectivo fibroso (integración fibrosa) los cuales muestran movilidad cuando son cargados.⁽³¹⁾ La aparición de estos conceptos de osteointegración hace necesario, para la aplicación en el campo de la odontología, de una definición que aclare los términos éxito y fracaso en el tratamiento con implantes.

Introducción

Se considera que un implante osteointegrado tiene éxito cuando cumple unos criterios en términos de función (capacidad para masticar), fisiología tisular (presencia y mantenimiento de osteointegración, ausencia de dolor y otros procesos patológicos) y satisfacción para el paciente (función, estética y ausencia de discomfort).⁽³²⁾

El concepto de fracaso se puede definir en primera instancia como la ausencia de rendimiento clínico del implante.⁽³³⁾ Puede ser cuantificado en términos de magnitud de pérdida de soporte óseo y de pérdida de salud de tejidos blandos perimplantarios; el fracaso puede afectar a la prótesis y también a la apariencia. Esta definición de fracaso del implante incluye elevadas arbitrariedades y abarca una gran variedad de situaciones clínicas, que varía desde la movilidad sintomática del implante a una pérdida de hueso perimplantario mayor a 0,2 mm después del primer año de carga,^(14, 34) o un sangrado periodontal con una profundidad de bolsa perimplantaria de 5 mm.⁽³⁵⁾ Se puede decir que un implante ha fracasado cuando se dan los siguientes criterios específicos: movilidad clínica del implante y pérdida ósea marginal perimplantaria continua superior a 1,5 mm durante el primer año de inserción de la prótesis o mayor de 0,2 mm/año los periodos anuales posteriores.⁽¹⁴⁾ De modo general los fracasos en implantología se pueden dividir:⁽³²⁾

- a. *Fracasos biológicos*: inadecuada estabilidad o falta de osteointegración. A su vez estos fracasos se pueden clasificar en fracasos tempranos o primarios (aquellos que ocurren en el proceso de cicatrización) y fracasos tardíos o secundarios (aquellos que ocurren después de la osteointegración). La pérdida de la osteointegración se hace evidente cuando se observa una radiolucidez perimplantaria y la movilidad del implante. Otros términos que se incluyen en los fracasos biológicos son la enfermedad perimplantaria, mucositis perimplantaria y la perimplantitis.

- b. *Fracasos mecánicos*: aquellos que se producen a nivel de los componentes del implante como la fractura de la fijación, del pilar, los tornillos oclusales o la prótesis.
- c. *Fracasos iatrogénicos*: mal posicionado de un implante que daña alguna estructura anatómica por el que debe ser removido.
- d. *Propios del paciente*: problemas psicológicos, estéticos y fonéticos.

Hay que diferenciar fracaso de complicación; ésta es una desviación en el resultado normal de un tratamiento y pueden ser complicaciones técnicas (rotura de instrumentos,...) o biológicas (hemorragia, infección).

Uno de los primeros intentos para evaluar de forma objetiva los criterios de osteointegración de los implantes dentales se realiza por el “Swedish National Board of Health and Welfare” en 1975.⁽³⁶⁾ Se utilizaron parámetros periodontales (índice gingival, índice de placa y profundidad de surco), prostodónticos (tipo de oclusión) y radiográficos (ausencia de radiolucidez perimplantaria), junto con la opinión del paciente en el tratamiento. En la “Harvard Consensus Conference” en 1978,⁽³⁷⁾ se establecieron criterios de éxito/fracaso para todos los tipos de implantes. La primera revisión real de los criterios de éxito de los implantes avalada por la investigación clínica, de los biomateriales y ciencias básicas, aconteció en Toronto en 1982, bajo el epígrafe “Conferencia sobre Osteointegración en la Odontología Clínica”; se estableció que era imperativo que el uso rutinario de cualquier sistema de implantes debería basarse en la evaluación del resultado de las investigaciones clínicas seguidas a largo plazo. A partir de este nuevo consenso y después de evaluar los distintos estudios sobre los diferentes sistemas de implantes, se propuso a la comunidad científica unos criterios renovados para valorar el éxito a largo plazo de los implantes dentales que han sido ampliamente aceptados durante los últimos años.⁽¹⁴⁾

Introducción

- El implante individual no ferulizado debe permanecer inmóvil al ser examinado clínicamente.
- El estudio radiográfico debe mostrar ausencia de signos de radiolucidez perimplantaria.
- La pérdida ósea vertical debe de ser menor de 0,2 mm por año, a partir del primer año de uso con carga protésica del implante.
- La exploración individual del implante debe caracterizarse por la ausencia de signos y síntomas tales como dolor, infecciones, neuropatías, parestesias o vulneración del conducto mandibular.

Otro de los criterios de éxito de la oseointegración que se describió poco después, es el mantenimiento a lo largo de los años de una altura de hueso marginal estable bajo cargas funcionales.^(38, 39) En estos criterios no se incluyeron índices periodontales porque no se consideraban relacionados con el éxito de los implantes.⁽⁴⁰⁾ En 1988, en la segunda Conferencia Consenso,⁽⁴¹⁾ se concluyó que en cada sistema de implantes se deberían utilizar unos criterios específicos de éxito. Pero esto no se lleva a cabo y se mantienen los criterios de la conferencia de 1978. Los índices periodontales aplicados a la implantología no se introdujeron en los criterios de éxito hasta el “1st Workshop on Periodontology” (tabla I).⁽³⁴⁾

Tabla I: Criterios de éxito de la osteointegración.

1st Workshop on Periodontology, Londres 1994.

1. Ausencia de movilidad.
2. Pérdida ósea media de 1,5 mm durante el primer año de función y menor de 0,2 mm anual.
3. Ausencia de dolor o parestesia.
4. Ausencia de sangrado al sondaje.
5. Ausencia de bolsa perimplantaria.

Los parámetros que se utilizan para evaluar el fracaso de los implantes son: 1) signos clínicos de infección temprana (durante el periodo de cicatrización de tres a nueve meses como: hinchazón, fístulas, supuración, dehiscencias (tempranas o tardías) en la mucosa u osteomielitis), 2) dolor o sensibilidad (en la masticación, a la percusión o en la inserción de los componentes protéticos incluso bajo anestesia), 3) movilidad clínica del implante, 4) signos radiográficos de fracaso (pérdida progresiva del hueso perimplantario) y 5) sonido sordo a la percusión (en este punto no existe evidencia científica suficiente).⁽³⁴⁾ Estos criterios se plasman en las imágenes de las figuras 1 y 2.

Introducción

Figura 1: Imagen radiográfica de implante osteointegrado tras un año de función con un nivel óseo adecuado.

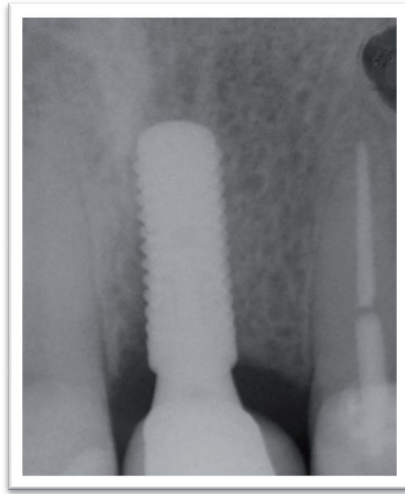
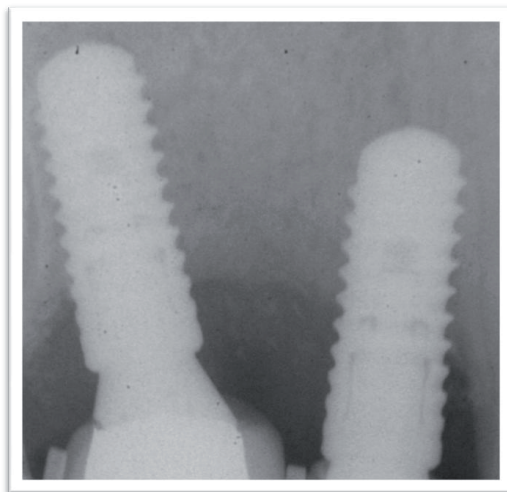


Figura 2: Imagen radiográfica de implante osteointegrado tras un año de función con una pérdida excesiva de altura ósea.



Dado el innegable éxito de la implantología oral, además del aumento en número de las indicaciones terapéuticas se han visto aumentadas las expectativas y las exigencias de las restauraciones. Así en la actualidad los requerimientos estéticos cobran mayor relevancia, no se espera únicamente que las prótesis osteointegradas cumplan sus objetivos funcionales sino que además satisfagan las emergentes exigencias estéticas de los pacientes. Los criterios de éxito en implantología inicialmente descritos por Albrektsson y cols.⁽¹⁴⁾ se han visto incrementados con la incorporación de criterios estéticos valorando tanto la restauración protodóntica *per se* como la de los tejidos blandos perimplantarios. Ello introduce dificultades y plantea importantes retos en la rehabilitación, obligando a enfrentarse a aspectos biológicos de difícil solución, dado que la reposición de dientes mediante implantes se realiza en muchas ocasiones en zonas donde los procesos biológicos de reparación y cicatrización han causado pérdida de tejidos duros y blandos. De manera excepcional, en el caso de implantes inmediatos postextracción, es posible la restauración en un entorno favorable dada la conservación y mantenimiento del hueso alveolar, encía marginal y papilas. Pero excepto en estas ocasiones, es habitual la existencia en mayor o menor medida de cierto grado de déficit tisular, lo que implica la necesidad de obtener la regeneración de la morfología inicial, ello ha conducido al desarrollo espectacular en las últimas décadas de nuevas técnicas, procedimientos y materiales para lograr los resultados estéticos deseados.

Las modificaciones en la morfología macroscópica y microscópica del implante, el tipo y la localización de la conexión pilar-implante, sustitutos óseos, injertos de tejido duro y blando, membranas y provisionalización, son todos factores que han adquirido una gran transcendencia, puesto que influyen en la obtención y mantenimiento de una estética adecuada. Los conceptos quirúrgicos y restaurativos relacionados con la implantología se han modificado de forma importante en los últimos años y continúan en plena evolución. Lograr la

Introducción

correcta osteointegración ya no es el único objetivo a conseguir. La demanda funcional y estética en las restauraciones implantosoportadas es cada vez mayor.

Multitud de trabajos han descrito variadas consideraciones y requisitos para obtener el mejor resultado posible.⁽⁴²⁾ Dentro de este contexto actual es preciso considerar un factor de gran importancia: la valoración de la altura ósea perimplantaria, requisito necesario para el mantenimiento de los tejidos blandos y un importantísimo parámetro en el diagnóstico y pronóstico de todos los procedimientos implantológicos.

I.2 Evaluación del hueso.

Además de datos clínicos como movilidad, grado de inflamación, recesión y profundidad de las bolsas, también, las valoraciones longitudinales radiográficas de las condiciones de hueso perimplantario, son métodos aceptados para analizar el éxito de los implantes dentales. Específicamente la valoración longitudinalmente en el tiempo de la pérdida de hueso crestral ha sido aceptada como criterio para el éxito implantario.^(14, 40) La radiolucidez perimplantaria, por ejemplo, ha sido uno de los hallazgos indicativos de fracaso de las fijaciones documentado desde los años 70.^(43, 44) Sin embargo, la probabilidad de predecir la inestabilidad clínica de una fijación en un examen radiográfico en la población es baja y no permite hacer diagnósticos ni pronósticos.

Por lo tanto, el criterio de pérdida ósea perimplantaria es relevante incorporarlo para la valoración del éxito del implante y consecuentemente, un programa de seguimiento postoperatorio generalmente debería incluir la exploración mediante radiología de la altura de hueso marginal. La medición de la altura de hueso marginal es una valoración compleja, si bien es una magnitud

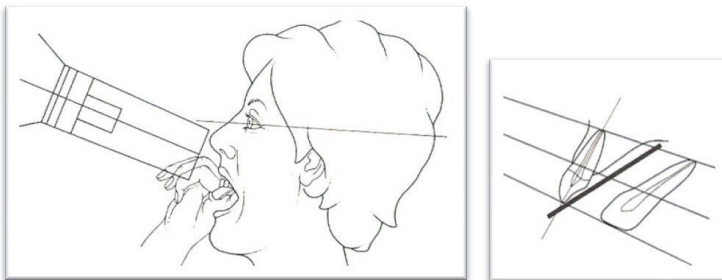
objetivable; debería lograrse un método que permitiese obtenerla con exactitud y reproducibilidad, sobre todo si se trata de la valoración de cambios de nivel óseo a lo largo del tiempo, por ejemplo, las mediciones obtenidas deben ser similares cuando se repiten, sea por el mismo o diferente observador. A pesar de los continuos avances en los sistemas radiográficos extraorales,⁽⁴⁵⁻⁴⁷⁾ la radiografía intraoral usando la técnica paralela es la recomendada para visualizar mínimos cambios de hueso.^(48, 49) Esta misma aproximación ha sido de interés en otros campos de la odontología (endodoncia, periodoncia), en donde la medición del hueso, diente u otras estructuras anatómicas era necesaria para el diagnóstico y tratamiento. Ya en épocas tempranas se pudo de manifiesto que la distorsión de la imagen es inevitable utilizando las proyecciones habituales (figura 3).

Figura 3: Distorsión de la imagen según el tipo de proyección:

a) proyección vertical que acorta el objeto.



b) proyección horizontal que alarga el objeto.



Introducción

La imagen radiográfica se utiliza rutinariamente para evaluar el hueso alrededor de los implantes orales ya que estas mediciones indirectas son más prácticas y menos invasivas que la visualización directa del hueso. Además en la literatura hemos encontrado datos que indican que las radiografías podrían ser un sustituto razonable de las mediciones histológicas de la anchura biológica; según Hermann y cols.⁽⁵⁰⁾ existe una correlación lineal entre mediciones radiográficas e histológicas, en un estudio consecutivo en perros comparando la pérdida ósea alrededor de implantes de titanio. Sin embargo, entre las limitaciones de la radiología intraoral están que sólo se puede visualizar el hueso adyacente proximal (mesial y distal) a los implantes y que hay numerosos factores que pueden producir inexactitudes al determinar los niveles de hueso proximal a los implantes incluyendo imágenes distorsionadas o con defectos producidos durante el proceso de revelado.⁽⁵¹⁻⁵⁶⁾

El concepto de osteointegración de un implante implica según Adell⁽³⁸⁾ “un íntimo contacto del hueso al implante en todo su contorno con continua remodelación del hueso de soporte y el mantenimiento a lo largo de los años de una altura estable de hueso marginal bajo los niveles y tipos de cargas funcionales”. Parece pues que el seguimiento radiográfico para detectar precozmente una radiolucidez y para evaluar los cambios en el tiempo de los niveles de hueso perimplantario puede ser muy útil. Por otro lado, para algunos autores, el examen radiográfico es el parámetro de elección para investigar la estabilidad de los tejidos perimplantarios.⁽¹⁴⁾ Por lo tanto, parece que la medición del hueso crestral ha adquirido gran relevancia, esto ha originado la aparición en la literatura de numerosos trabajos analizando la precisión y exactitud de las técnicas radiológicas. Asimismo, se han analizado los dos principales problemas que conllevan estas técnicas, específicamente, la distorsión radiográfica de las imágenes y la correcta definición y localización de los puntos de referencia que van a ser medidos.

I.2.1 Distorsión radiográfica.

Las dificultades en la obtención de radiografías exactas que permitan la toma de correctas mediciones ya aparecen como un tema de gran trascendencia en estudios tempranos como el de Hollender y Rockler en 1980.⁽⁵¹⁾ En dicho trabajo los autores hablan de la pobre exactitud y precisión de las simples radiografías de los implantes. Utilizan como referencia la rosca de la fijación, puesto que cuando la proyección se desvía 13° de la proyección perpendicular en el plano vertical, las roscas individuales de la fijación no son discernibles debido a la distorsión de la imagen. Los autores concluyen que la excesiva angulación vertical de los rayos influye en la exactitud de la determinación del nivel óseo, aconsejan que la desviación no sea superior a 9° y en ningún caso superar los 13°. La exactitud *in vitro* de este método se ha informado que se encuentra dentro de un rango de 0,3 mm. Otro trabajo testando la reproducibilidad de la medición de la altura de hueso perimplantario en relación a puntos de referencia sobre las fijaciones, resulta en una media de diferencia de las mediciones de 0,26 mm, la desviación estándar se encuentra dentro de $\pm 0,5$ mm; la diferencia más extrema que aparece en la literatura era de 2,6 mm.⁽⁵⁷⁾ El uso de las roscas de las fijaciones como una referencia claramente definible requiere proyecciones perfectamente perpendiculares al eje del implante, sin embargo, en trabajos tempranos ya se advierte que cumplir rigurosamente los requisitos para evitar disparalelismos puede ser difícil en la práctica clínica. Cox y Pharoah⁽⁵⁸⁾ describen un porta radiografías que se puede unir a los implantes por medio de tornillos oclusales después de la remoción de las supraestructuras, consiguiendo una geometría muy exacta en la técnica; como inconveniente además de engorroso, obviamente no se puede utilizar en coronas cementadas por lo que su uso no ha sido muy habitual en la literatura. Un inicial, e importante, trabajo de Sewerin⁽⁵⁹⁾ estudia los errores en la valoración radiográfica de la altura del hueso marginal alrededor de implantes osteointegrados. En sus resultados refiere que la anchura de la cresta y la angulación de la fijación respecto a la placa

Introducción

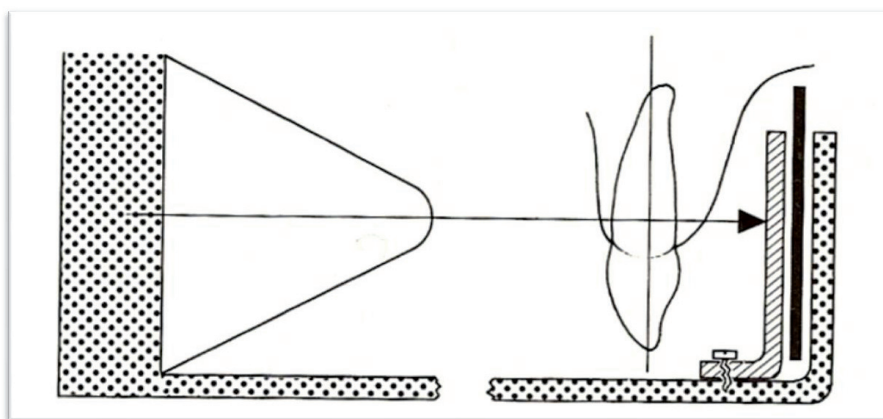
radiográfica conducen a importantes distorsiones, provocando generalmente una supraestimación de la altura ósea; también es un factor a tener en cuenta la posición bucolingual de la fijación. Un estricto paralelismo entre el eje de las fijaciones y el plano del film es esencial para obtener resultados válidos usando radiografías periapicales, aunque el autor reconoce que obtener un estricto paralelismo puede ser utópico en muchos casos clínicos. Una desviación de 1° entre dos exposiciones puede resultar en un desplazamiento de la proyección de los márgenes óseos alveolares bucal y lingual entre 0,09 – 0,25 mm dependiendo del ancho de la cresta alveolar. Estos hallazgos enfatizan la necesidad de usar métodos precisos de estandarización para el control longitudinal de los cambios en la altura del hueso perimplantario.

En los iniciales estudios sobre las técnicas radiográficas más adecuadas para la medición de la altura de hueso cresta marginal, se han utilizado variadas aproximaciones intentando obtener en las distintas radiografías de control un idéntico paralelismo entre el eje de la fijación y el plano del film radiográfico. Esto presenta evidentes problemas cuando el implante está sumergido o incluso cuando el puente o corona ha sido instalado, ya que los pilares pueden ser angulados y la orientación de la película radiográfica puede ser incorrecta. Dado que el eje del implante no es visible y puesto que no nos podemos guiar por la restauración coronaria, se ha intentado obtener el paralelismo y la validez entre varias radiografías mediante otros criterios, y uno de los más utilizados ha sido el de considerar que existe una correcta proyección perpendicular si las roscas de la fijación son nítidamente definibles en la radiografía. La validez de este criterio ha sido estudiada en un trabajo de Sewerin⁽⁶⁰⁾ que obtiene una alta precisión en las mediciones puesto que la mayoría de los registros difieren menos de 2° dentro de un rango de variación de +15° a -15°. Hay que señalar que se trata de un trabajo “in vitro” y en condiciones clínicas reales podría esperarse unas variaciones mayores.

Introducción

Para obtener imágenes con mínima distorsión el “gold standard”, es decir, el patrón de oro, es la técnica paralela combinada con un cono largo,⁽⁶¹⁾ usando esta técnica puede obtenerse una gran exactitud en las mediciones,⁽⁶²⁾ y algún trabajo informa de una diferencia media inter-examinadores de 0,18 mm entre la medida real y la obtenida por la radiografía, lo que representa un alto grado de discriminación de cambios óseos.⁽⁴⁸⁾ La técnica paralela se define como el paralelismo entre el objeto a estudiar y el plano de la película mientras que el eje central de los rayos X se ajusta perpendicularmente a ambos planos (figura 4).

Figura 4: Esquema descriptivo de la técnica paralela.



Desafortunadamente, en condiciones clínicas es mucho más fácil conseguir una posición perpendicular del eje central de los rayos X al film que al objeto. Cuando el objeto es un implante dental, todavía es más dificultoso porque el cuerpo del implante está situado dentro del hueso alveolar y no es visible.⁽⁶³⁾ Por lo citado anteriormente, muchos estudios están basados en el desarrollo de las radiografías realizadas con la técnica perpendicular o “right-angle technique” (descrita a mediados de los años 50 por Benkow⁽⁶⁴⁾ y mejorada

Introducción

por Larheim y Eggen⁽⁶⁵⁾ para el estudio de la cresta ósea en dientes). Weber y cols.⁽⁶⁶⁾ reseñan por primera vez, en la literatura sobre la implantología dental, que las radiografías estandarizadas se pueden mejorar si se utiliza un registro individualizado de mordida en combinación con la técnica de cono largo.

A finales del siglo pasado se realizaron trabajos utilizando diversos porta-radiografía.⁽⁶⁷⁻⁶⁹⁾ La utilización de porta-radiografías, correctamente aplicados, proporciona un alineamiento perpendicular del cono de rayos al film y consecuentemente, una posición fija del punto focal. En esta disposición lo único que permanece variable es la posición y la inclinación del objeto que está siendo radiografiado, dentro de una serie de radiografías realizadas en estas condiciones, la inclinación del implante respecto al film cambiará de una exposición a otra, mientras que la posición del foco en relación al film permanecerá constante. Esto limita los posibles errores en la interpretación de la imagen a los siguientes cinco:⁽⁶³⁾

- Errores de proyección debido a la reproducción de estructuras tridimensionales en una película bidimensional.
- Alargamiento de la imagen debido a la magnificación de la proyección.
- Posición oblicua del objeto bajo examen.
- Malinterpretación de los márgenes del objeto en la imagen.
- Inexactitud de las mediciones de las distancias en la imagen radiográfica.

El punto clave sin resolver es la distorsión de la imagen, generalmente magnificación, debido a la posición oblicua del implante y ocurre más a menudo en el maxilar superior debido a la fuerte inclinación del paladar o la existencia de un paladar bajo (figuras 5 y 6).⁽⁵⁰⁾

Figura 5: Posición correcta en condiciones anatómicas ideales.

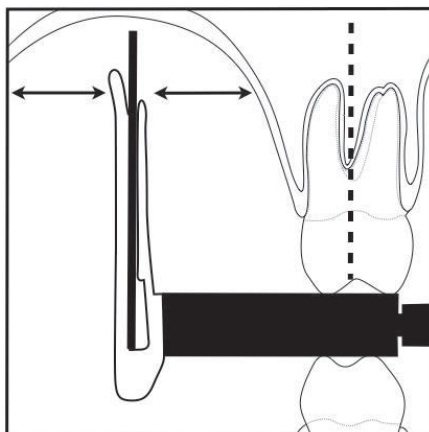
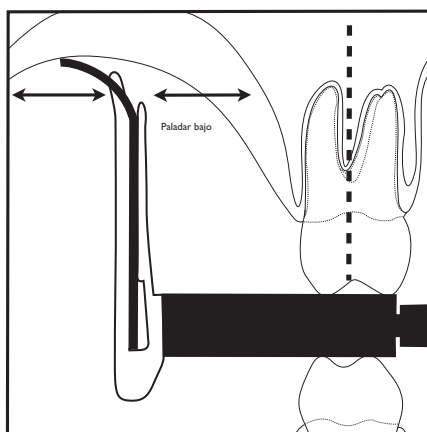


Figura 6: Posición incorrecta debido a la inclinación palatina.



Los otros puntos es posible, sino eliminar totalmente, controlarlos en gran medida mediante el establecimiento de algún punto de referencia nítido como la aposición de bolas metálicas de calibre conocido o utilizar las propias medidas

Introducción

del implante como la anchura, longitud o la distancia entre las roscas. En consecuencia la pobre exactitud de las mediciones del nivel óseo aún en las llamadas “radiografías en condiciones estandarizadas” es un hecho irrevocable que se debe tener en cuenta en la valoración de los estudios longitudinales en implantología dental. En una revisión de la fiabilidad de las mediciones radiográficas para evaluar los cambios de hueso alveolar alrededor de dientes, no de implantes, Benn⁽⁷⁰⁾ concluye que las técnicas corrientes no son lo suficientemente sensibles para medir verdaderos cambios óseos hasta que al menos no alcanzan valores tan elevados como 1 mm. Otros autores más recientemente, evaluando los cambios perimplantarios reseñan que la evaluación radiográfica del nivel de hueso no podrá ser superior a una precisión de 0,5 mm cuando el paralelismo no esté garantizado y la distancia foco-objeto sea inferior a 380 mm lo cual ocurre en la mayoría de las ocasiones.⁽⁶³⁾ Moberg y cols.⁽⁷¹⁾ en un artículo donde analizan la precisión radiográfica que se obtiene al realizar mediciones de la reabsorción ósea en los implantes estudiados, encuentran una precisión de 0,2 mm con un rango de error de 0,4 mm.

1.2.2 Definición y localización de los puntos de referencia.

Además de los problemas de distorsión radiográfica por disparalelismo existe otro factor fundamental a tener en cuenta, capaz de originar importantes errores metodológicos, se trata de la correcta definición y localización en la placa de las estructuras que se pretenden valorar. Básicamente, en la valoración radiográfica de la altura de hueso marginal, se mide la distancia entre dos puntos de referencia radiográficos; los más utilizados son el cuello del implante por un lado (punto de fácil reconocimiento debido a su forma y a que se trata de una estructura metálica que destaca con gran nitidez en la placa) y por otro lado, se define el punto de contacto más coronal del hueso con el implante. Este último punto puede ser de localización dificultosa, tanto por la escasa definición del hueso como por la superposición de imágenes óseas correspondientes a la cresta

en su lado bucal que puede o no coincidir con la altura de la cresta en el lado lingual o palatino. Algún autor ya ha señalado esta importante limitación metodológica afirmando que la principal fuente de error puede ser el reconocimiento correcto de los puntos de referencia en la interfase entre el hueso alveolar y el implante o diente.⁽⁷²⁾ Hausmann y cols.⁽⁷³⁾ señalan también que la correcta definición de los puntos de referencia mejora la sensibilidad para detectar cambios óseos radiográficos. Del mismo modo Brägger y cols.⁽⁷⁴⁾ realizan un trabajo en donde dos sujetos en consenso definen los puntos de referencia, y realizan las mediciones en tres ocasiones, en los resultados se comprueba como la precisión de la valoración del nivel óseo mejora de la segunda a la tercera medición reflejando una curva de aprendizaje en la definición de los puntos de referencia. Por tanto, de los estudios presentados en la literatura se desprende que la principal fuente de error, una vez establecido el correcto paralelismo, parece ser el reconocimiento de los puntos de referencia en la unión diente-hueso o implante-hueso.

I.2.3 Unión implante-hueso.

Los trabajos descritos en los apartados anteriores enfatizan la importancia del estudio de un parámetro de gran trascendencia que es la unión implante-hueso. Éste es un punto clave en los estudios implantológicos y su estudio ha sufrido modificaciones a lo largo del tiempo del mismo modo que los protocolos implantológicos. Ya Schroeder y cols.^(75, 76) en sus trabajos en los que utilizan implantes no-sumergidos establecieron que los implantes orales se deben integrar con tres tejidos: hueso, tejido conectivo y epitelio. Este investigador y sus colaboradores estudiaron los requisitos para un contacto hueso-implante y lo denominó “anquilosis funcional” y, además, describieron por primera vez de forma histológica el contacto de los tejidos blandos a la porción transmucosa de los implantes de titanio.⁽⁷⁷⁾ Uno de los requisitos previos para el éxito de los implantes osteointegrados recomendados por Bränemark y cols.⁽²⁶⁾ fue el

Introducción

recubrimiento del implante con tejidos blandos. Después de un periodo inicial de cicatrización se realiza una segunda cirugía, donde se coloca una tapadera de cicatrización con el objetivo de que el implante tenga conexión con la cavidad oral a través de los tejidos blandos. Por lo tanto, va a existir un espacio entre el implante y el pilar o la cresta ósea. Los implantes sumergidos ocasionalmente se exponían a la cavidad oral, por ello, en esa época, se recomendaba que todos los implantes se dejaran sumergidos a fin de intentar evitar la posible contaminación bacteriana.^(26, 43) Posteriormente, Albrektsson y Sennerby⁽⁷⁸⁾ sugirieron que “hay una evidencia insuficiente para apoyar la necesidad de una segunda cirugía...”, Ruggeri y cols.⁽⁷⁹⁾ según los resultados de sus estudios de las fibras de colágeno supracrestales alrededor de los implantes no-sumergidos, se posicionaron en contra de los que afirmaban que los implantes sumergidos son necesarios para evitar la inflamación local y la recesión epitelial. Ruggeri y cols.⁽⁸⁰⁾ concluyeron que: “en consonancia un implante no-sumergido que se deja expuesto a la cavidad oral en el momento de la cirugía no influye en su supervivencia...”

Por lo tanto, la inicial controversia sobre los tejidos blandos que rodeaban al implante se abandona cuando muchos estudios clínicos longitudinales posteriormente muestran que ambos tipos de implantes (sumergidos y no-sumergidos) pueden ser clínicamente exitosos.^(1, 43, 44, 81-90) Además se ha demostrado que no existen diferencias en la cicatrización de los tejidos duros cuando se compara implantes no-sumergidos y sumergidos.⁽⁹¹⁾ Los implantes no-sumergidos en ausencia de cargas han demostrado una curación de tejido blando favorable con unas estructuras resultantes similares a las de un diente natural.⁽⁹²⁻⁹⁴⁾ Un importante trabajo de Jung y cols.⁽⁹⁵⁾ demostraron que en implantes rugosos y con pilares de distinto diámetro al cuello del implante pueden ser colocados de forma submucosa o transmucosa obteniendo similares resultados. Aunque los análisis radiográficos revelan muy pequeña pérdida ósea e incluso

un ligero incremento en el nivel de hueso en los implantes colocados a nivel de la cresta o 1 mm por encima, la mayor pérdida ósea ocurría en los implantes colocados 1 mm por debajo de cresta ósea, además confirmaron que no hay diferencias clínicas significativas entre una técnica submucosa o transmucosa.

La modificación de la cresta ósea perimplantaria ha sido abundantemente reseñada en la literatura. Caton y Nyman⁽⁹⁶⁾ demostraron que después de la cirugía ósea se produce una pérdida significativa de la altura de cresta ósea interdental, y existe un consenso general en cuanto a que el nivel de cresta ósea está normalmente localizado de 1,5 a 2 mm de la unión implante-pilar al año de seguimiento después de la restauración,^(14, 97, 98) pero también parece ser que el nivel de cresta ósea es dependiente de la localización de la unión implante-pilar.⁽⁹⁹⁻¹⁰¹⁾ La etiología de la remodelación ósea fue desde que se describió, bastante cuestionada.⁽⁵⁷⁾ Algunos investigadores apuntan que esta remodelación puede deberse a la transferencia del estrés mecánico del implante a la cresta ósea,⁽¹⁰²⁻¹⁰⁶⁾ sin embargo otros autores lo atribuyen a la inflamación localizada del tejido blando perimplantar.⁽¹⁰⁷⁾ Un factor que ha sido implicado en la craterización cervical es el microgap que existe entre la prótesis y la cabeza del implante en el sistema de dos piezas.⁽¹⁰⁸⁻¹¹⁰⁾ Este microgap, generalmente descrito en la literatura, está asociado con la contaminación bacteriana que determina la formación de un infiltrado inflamatorio crónico, causando la reabsorción ósea de 2 mm.^(99, 109, 111-117)

Parece ser que la remodelación ósea progresa de forma vertical (para restablecer lo que sería la anchura biológica) y también de forma horizontal.^(118, 119) Esta reabsorción horizontal es sobre 1 - 1,5 mm acorde con los estudios conducidos por Tarnow y cols.⁽¹²⁰⁾ Esta, por tanto, sería la razón para mantener una distancia mínima de 3 mm entre dos implantes y en una zona estética con el fin de obtener una papila intacta y el hueso perimplantar estable. Además

Introducción

aunque no es posible su valoración con los métodos radiográficos habituales el primer contacto hueso-implante en la zona bucal tiende a ser más bajo que en su correspondiente zona lingual, mesial o distal.⁽¹⁰⁰⁾ La reabsorción vertical fue estudiada por Hermann y cols.^(50, 99, 100, 121) que describieron los procesos biológicos que ocurren alrededor de un implante de dos piezas con una conexión al pilar y demostraron que el remodelado óseo es de aproximadamente 2 mm hacia apical de la unión implante-pilar. Esto se ve apoyado por publicaciones posteriores que demuestran que cuando la unión implante-pilar se sitúa más profunda que el nivel de hueso, se produce una pérdida ósea en sentido vertical y se establece nuevamente una distancia de 2 mm desde la conexión implante-pilar al hueso^(50, 104, 122) Lo más significativo es que Hermann y cols.⁽⁵⁰⁾ demostraron que esta remodelación de los tejidos duros y blandos se forma aunque la superficie del implante esté tratada para favorecer la aposición de hueso, es decir, superficies de algún modo rugosas. En contradicción con otros trabajos que estiman que la superficie rugosa mejora la aposición ósea y el mantenimiento,⁽¹²³⁾ por lo cual parece evidente que la posición de la unión implante-pilar es más importante que la morfología rugosa o no del cuello del implante. Hermann y cols.⁽¹²¹⁾ además, enfatizan la importancia de la interfase en la remodelación ósea y los resultados que encuentra en su artículo, indican que la combinación de implantes soldados con el pilar tienen una distancia media significativamente menor de la interfase al punto de contacto hueso-implante comparado con los implantes que no fueron soldados. Esto sugiere que incluso con el más preciso ajuste entre los componentes de los implantes ($<10\ \mu\text{m}$), la pérdida ósea no puede ser prevenida en la configuración de implantes de dos piezas en combinación con posibles movimientos entre el implante y el pilar. En un estudio retrospectivo, se obtiene un rango de reabsorción de 2-3 mm después del año dependiendo de la arcada, región mandibular, estatus de fumador, tipo de caso, calidad del hueso, tipo superficie y diseño del implante.⁽¹²⁴⁾ Resultados similares se encuentran en otro estudio posterior en el

que la radiografía del nivel de hueso marginal mostró una pérdida de 0,9 mm cuando se conecta el pilar y la corona y a continuación la pérdida ósea es de 0,7 mm al año. Por lo tanto, se ha demostrado con el seguimiento de los implantes, que la remodelación ósea es un hecho y se caracteriza por una reducción en las dimensiones del hueso, tanto horizontal como vertical.⁽¹²⁵⁾ Hemos encontrado en la literatura varios trabajos sobre la distancia entre la interfase implante-pilar y el hueso, y en ellos se muestra que un incremento en la distancia vertical de la interfase implante-pilar en relación al hueso reduce la cantidad de pérdida ósea.^(95, 99, 123, 126)

Además de un desplazamiento vertical, la interfase implante-pilar puede ser desplazada horizontalmente mediante la alteración de los diámetros de los implantes y los pilares. El uso de pilares protésicos de diámetro reducido en relación al diámetro del implante limita la reabsorción ósea crestal que habitualmente se observa tras la restauración de los implantes de dos componentes usados tradicionalmente. Los resultados obtenidos por los distintos autores aplicando este concepto denominado plataforma estrecha o “platform switching” han puesto de manifiesto un cambio vertical menor del esperado en la altura de la cresta ósea que rodea estos implantes respecto al que se observa de forma típica alrededor de implantes restaurados de forma convencional con componentes protésicos de diámetros ajustados. En conclusión, de los estudios mencionados se puede afirmar que, en la mayoría de las ocasiones, no es necesario utilizar técnicas sumergidas, que las superficies rugosas favorecen la osteointegración y que la posición de la interfase implante-pilar es crítica en el remodelamiento óseo, puesto que si se aleja de la cresta ósea favorece el establecimiento de una anchura biológica y el mantenimiento del hueso.

Introducción

I.3 Evaluación de los tejidos blandos.

Además de los tejidos óseos es de gran importancia el estudio de los tejidos mucosos perimplantarios. La mayoría de los estudios implantológicos se han centrado en la relación del implante con el hueso, y muchos menos trabajos se han centrado en las relaciones y dimensiones de los tejidos blandos alrededor de los implantes.

Gottlieb⁽¹²⁷⁾ y Orban y Mueller⁽¹²⁸⁾ describieron el complejo epitelial que recubre al diente. Estos estudios presentan un concepto original del epitelio que no era universalmente aceptado en aquella época. Estudios de Waerhaug⁽¹²⁹⁾ y Orban y cols.⁽¹³⁰⁾ años después describen el complejo epitelial que recubre al diente con secciones microscópicas de tejidos. De este modo, se estableció que el epitelio y el tejido conectivo contribuyen a un mecanismo de protección en un área crítica donde el diente natural penetra en la integridad del cuerpo. Más tarde, Sicher⁽¹³¹⁾ describió una unión dento-gingival alrededor del diente que se compone de dos partes, complejo de tejido fibroso y complejo de epitelio. Cada parte está diseñada para realizar una función de separación. La firmeza del tejido se ha atribuido al complejo fibroso anclado en el cemento y la encía. Algunas fibras fueron descritas en forma circular y rodeando al diente. El epitelio está diseñado como una “abrazadera” que proporciona protección biológica al interior del cuerpo.

Muchos trabajos estudiaron las dimensiones y morfologías de los tejidos blandos. En 1961, Gargiulo y cols.⁽¹³²⁾ encontraron que la dimensión vertical de la unión dento-gingival, comprendida por el surco, el epitelio de unión y el tejido conectivo, es una forma fisiológica y dimensionalmente estable, posteriormente denominada “Anchura Biológica”, y que esta forma de unión se mantenga en un nivel depende de la localización de la cresta del hueso alveolar.

La dimensión y estabilidad del complejo dentogingival, como los cambios en la cirugía o procedimientos restaurativos, han sido ampliamente investigadas.^(96, 133-141) La media de las dimensiones del complejo dentogingival desde una visión frontal fue 3 mm, mientras que en la cara interproximal se observaron mediciones de 4,5 mm en diente natural.^(132, 142-146)

Posteriormente, una vez comprendida la morfología en los dientes el interés se desplazó a los tejidos blandos alrededor de los implantes. Buser y cols.⁽⁹²⁾ describieron el contacto del tejido conectivo a los implantes no sumergidos en un modelo animal. Estos investigadores demostraron que en una zona de 50 a 100 μm de ancho, se localizaban fibras densas circulares directamente adyacentes a la superficie del implante sobre el tejido alveolar. Esta zona no contenía sangre y aparece como un tejido cicatricial sin células inflamatorias. Exteriormente a esta zona interna, se encontró un tejido conectivo poco firme, el cual abarca elevados componentes vasculares. Estos hallazgos se confirmaron también mediante microscopía electrónica.⁽¹⁴⁷⁾ Estos trabajos establecieron, por tanto, que la zona de contacto del tejido conectivo adyacente a los implantes no era similar al complejo de tejido conectivo de alrededor del diente ya que entre otros elementos, no se encontraron inserciones de fibras perpendiculares. Los cambios en la mucosa perimplantaria se han descrito como un intento por parte de los mecanismos de reparación tisular para mantener una dimensión biológica estable.⁽¹⁴⁸⁾ La mucosa perimplantaria, en contrapunto, es parecida al diente natural (el complejo dentogingival), componentes histológicos similares (surco gingival y epitelial y tejido conectivo) y dimensión (~ 3 mm).^(92, 93, 100, 149-155) Mientras la dimensión de cada componente debe cambiar con el tiempo, estos cambios no afectan significativamente a la dimensión total.^(100, 119, 154)

Introducción

Un importante trabajo ha sido el realizado por Berglundh y cols.⁽¹¹¹⁾ compararon la estructura de la encía que rodea a los dientes y la estructura de la mucosa que rodea a los implantes. Los tejidos tenían varios rasgos microscópicos en común. Así, ambas unidades tisulares estaban tapizadas por epitelio bucal bien queratinizado que se continuaba con un epitelio de unión de unos 2 mm de largo. El epitelio estaba separado del hueso alveolar por una zona de tejido conectivo > 1 mm de altura. El hecho de que el epitelio de unión, en el caso de los implantes, después de la segunda etapa quirúrgica nunca llegaba a la cresta ósea, sino que constantemente terminaba a 1 mm del hueso, indica que durante la cicatrización de la herida se inicia y se mantiene una interacción entre la superficie del implante (pilar) y la porción apical del tejido conectivo supralveolar. Estos autores llegaron a la conclusión de que hay una reacción que se produce entre el tejido conectivo y la superficie de óxido de titanio del pilar, a esta reacción la denominó “connective-tissue integration”. Del mismo modo, Cochran y cols.⁽¹⁵⁶⁾ demostraron la adhesión de las células del tejido epitelial y de los fibroblastos a las superficies rugosas y lisas del titanio. Sus resultados indicaron que la conexión entre conectivo-tejido podría evitar la emigración del tejido epitelial en las caras del titanio. La existencia de características similares de unión entre la mucosa y la superficie de titanio (epitelio de unión y zona de tejido conectivo) se comprobó posteriormente por estudios que valoraron sistemas de implantes diferentes con una o dos cirugías.⁽¹⁵²⁾ Es decir, dada la seguridad de la estabilidad inicial para el implante después de la inserción, la cicatrización del tejido blando y la formación resultante de una adherencia mucosa a la superficie del titanio son rasgos aparentemente independientes de si el implante estuvo inicialmente sumergido o no.⁽¹⁵⁷⁾

En un experimento con perros en el cual se utilizaron implantes tipo Bränemark System®, Berglundh y Lindhe⁽¹⁵³⁾ estudiaron la adherencia entre la mucosa y el implante. Al cabo de un periodo de seis meses, la mucosa

perimplantar mostraba: un epitelio de unión de 2 mm de largo y una zona de tejido conectivo de alrededor de 1 mm de altura. En aquellas zonas donde antes de instalarse el pilar, la mucosa se había adelgazado, después de seis meses ésta había recuperado su altura en 3 mm pero a expensas de la reabsorción ósea y no en el pilar en sí. Por lo tanto, la adherencia entre la mucosa y un implante de titanio comprende un epitelio de unión, de unos 2 mm de altura, y una zona de tejido conectivo ≥ 1 mm.

Se sugiere que la adherencia sirve para proteger la zona de osteointegración de la placa y de la cavidad bucal. Respecto a las consideraciones histológicas Lindhe⁽¹⁵⁷⁾ ofreció un sólido resumen. Un análisis integral de la composición de los dos compartimientos de tejido conectivo reveló que la mucosa perimplantar contenía sustancialmente más colágeno (85% frente al 60%) y menos fibroblastos (1-3% frente a 5-15%) que las regiones correspondientes en la encía. Es decir, la porción supralveolar de la mucosa perimplantar en la interfase de tejido conectivo y titanio tenía las características de un tejido cicatricial, rico en colágeno y con pocas células.

El aporte vascular a la encía proviene de dos fuentes diferentes: la primera son los grandes vasos sanguíneos supraperiósticos, que emiten ramas para formar los capilares de las papilas del tejido conectivo bajo el epitelio bucal y el plexo vascular lateral al epitelio de unión; y la segunda es el plexo vascular del ligamento periodontal, desde el cual corren ramas en dirección coronaria, pasan la cresta ósea alveolar y terminan en la porción supralveolar de la encía libre. El implante carece de ligamento periodontal y, por lo tanto, de un plexo ligamentario.⁽¹⁵⁷⁾ Berglundh y cols.⁽¹⁵⁸⁾ observaron que el sistema vascular de la mucosa perimplantaria se origina únicamente en el gran vaso sanguíneo supraperióstico por fuera del reborde alveolar. Este vaso forma con sus ramas un plexo de capilares y vénulas por debajo del epitelio bucal y el de unión. En otras

Introducción

palabras, los sistemas vasculares por debajo de los epitelios de la encía y de la mucosa perimplantaria tienen un origen común, sin embargo y según el mismo autor, parece ser que no hay ningún plexo vascular próximo al implante que pueda compensar la falta de un plexo del ligamento periodontal. Como consecuencia, el comportamiento del tejido conectivo supralveolar apical al epitelio de unión de la mucosa perimplantar casi carece de aporte vascular. Como conclusión, hay que decir que la encía de los dientes y de la mucosa de los implantes tienen algunas características en común, pero se diferencian en la composición del tejido conectivo, el alineamiento de los haces de fibras colágenas y la distribución de las estructuras vasculares en el compartimiento apical al epitelio de unión.

Uno de los elementos cruciales involucrados en la restauración del aparato periodontal y dental es la zona interdental. Esta zona comprende el área de contacto, el espacio interproximal y la encía interdental, la forma de la papila interdental está determinada por las relaciones de contacto entre los dientes, la anchura de las superficies dentales proximales y la situación de la unión cemento-adamantina.⁽¹⁵⁹⁾

La restauración o el mantenimiento de la papila es uno de los puntos críticos en el tratamiento restaurativo y en el que aparecen involucrados numerosos factores. Se han descrito varias clasificaciones para la valoración de los tejidos blandos. Seibert⁽¹⁶⁰⁾ define las limitaciones de los injertos de tejido blando para una mejor apariencia alrededor de prótesis fijas anteriores y así crear una clasificación de los defectos de la cresta alveolar que, posteriormente, fue modificada por Palacci y Ericsson⁽¹⁶¹⁾ para valorar la cantidad de pérdida vertical y horizontal de tejido blando, duro o ambos en la región maxilar anterior. Jemt⁽¹⁶²⁾ realiza las mediciones de la papila mediante un índice (score 0 – score 4) que pretende valorar la recesión de la papila, midiéndola desde el

punto de contacto a la curvatura más elevada de la corona en un implante unitario. Todos ellos son intentos de establecer y clasificar los tejidos blandos a fin de disponer de parámetros realistas de diagnóstico y tratamiento.

Para medir la longitud de la papila se han presentado diferentes métodos, por medio de fotografías,⁽¹⁶³⁾ hay autores que han desarrollado un índice clínico para valorar el contorno de la papila gingival^(162, 164, 165) y otros han usado una técnica de sondaje hasta el nivel óseo.^(143, 166) Entre las desventajas de estos métodos se encuentra que algunos de estos son invasivos y pueden causar molestias y posibles daños a las estructuras, especialmente después de haber realizado procedimientos restaurativos; y finalmente otros sistemas que utilizan fotos clínicas o índices que no permiten evaluar la relación de la cresta ósea y la papila interdental. Posteriormente a éstos se ha descrito un método no invasivo usando material radiopaco para marcar los tejidos blandos no visibles y una radiografía periapical,⁽¹⁶⁷⁾ dicho método ofrece unos resultados similares a otros métodos invasivos lo que le otorga gran exactitud.

En general las mediciones de tejidos blandos se obtienen con métodos no invasivos y por medio de fotografías que permiten la comparación de modificaciones a lo largo del tiempo. Una de las primeras valoraciones ha sido realizada por Tarnow y cols.⁽¹⁴³⁾ en 1992 en un estudio llevado a cabo en dentición natural y que valora la relación entre la papila interdental y el punto de contacto, concluyeron que la distancia desde el punto de contacto a la cresta ósea está en relación a la presencia de papila (la papila estaba presente en el 100% de los casos si la distancia desde el punto de contacto a la papila era de 5 mm o menos, sólo estaba presente en el 56% de los casos cuando la distancia era de 6 mm y en un 27% cuando la distancia era de 7 mm o más). Por lo tanto, la localización del punto de contacto y el nivel de cresta ósea deben jugar un papel importante en la formación y mantenimiento de la papila interproximal.⁽¹⁶⁸⁾ Todo

Introducción

esto sugiere que la forma de la corona debe determinar la posición marginal del tejido blando, incluyendo la papila interproximal.^(169, 170) Tarnow y cols.⁽¹²⁰⁾ evalúan la relación entre la distancia entre dos implantes y el nivel de cresta ósea y demuestra que, cuando la distancia interimplante llega a ser menor de 3 mm, había una tendencia al incremento de la reabsorción ósea, por lo que la presencia de la papila se veía comprometida. Tarnow y cols.^(120, 171) muestran que el componente lateral de la anchura biológica existe alrededor de los implantes. Esto varía desde 1,04 mm cuando dos implantes adyacentes son colocados a ≤ 3 mm, a 0,45 mm cuando los implantes son colocados ≥ 3 mm. Scarano y cols.⁽¹⁷²⁾ en el 2004 confirmaron este hecho en un estudio publicado en implantes colocados en caninos mandibulares. De similar opinión otro estudio describió el efecto de la distancia horizontal y vertical entre implantes adyacentes y su repercusión en la papila interproximal, entre sus conclusiones está que cuando la distancia era menor que 2,5 mm, había una ausencia de papila entre dos implantes adyacentes.⁽¹⁷³⁾

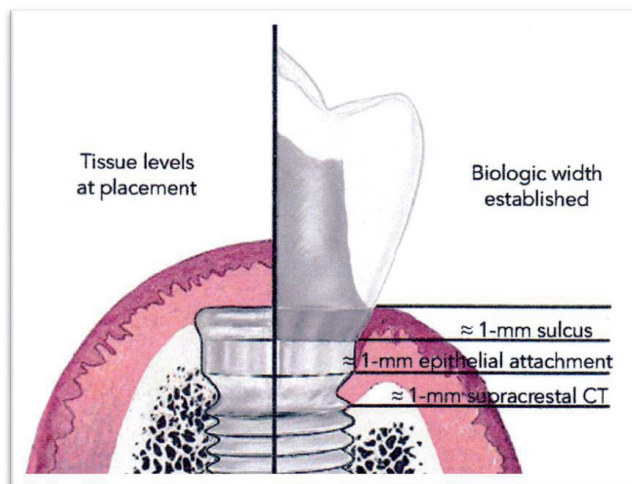
Hemos encontrado en la literatura también algún trabajo con opiniones divergentes que ha valorado la topografía y dimensiones de los tejidos blandos entre implantes adyacentes ya que su comportamiento puede ser diferente a la del grupo implante-diente.^(107, 152) Lee y cols.⁽¹⁷⁴⁾ no encontraron diferencias en la longitud radiográfica de la papila ni en el ancho de la mucosa queratinizada entre dos sistemas de implantes, ni encuentra diferencias entre implantes con una separación ≥ 3 mm o implantes separados por < 3 mm. Al mismo tiempo las relaciones entre la dimensión del tejido blando interproximal entre implantes adyacentes y varios parámetros (ancho de encía queratinizada, distancia horizontal entre implantes y distancia del punto de contacto a la cresta) han sido estudiadas.⁽¹⁷⁵⁾ Sin embargo, solamente el ancho de mucosa queratinizada es el único parámetro que muestra una relación significativa con la dimensión del tejido blando interproximal entre implantes adyacentes. Se encontró que la zona

de encía queratinizada es mayor en el biotipo grueso.^(169, 176) Es decir, las dimensiones de la mucosa perimplantaria pueden estar influenciadas por el grosor de la encía.⁽¹⁸⁾ Los resultados del estudio de Lee y cols.⁽¹⁷⁵⁾ dan a entender que la anchura biológica del tejido blando que cubre a la cresta ósea interimplantaria no debería disminuir o aumentar a pesar de la distancia entre implantes adyacentes y la posición del punto de contacto. Sin embargo, la dimensión de tejido blando tiende a incrementarse donde existe mucosa queratinizada ancha. Es posible que la dimensión de la papila interimplantaria deba estar relacionada con el biotipo preexistente o la dentición natural contralateral. Por lo que futuros estudios se orientarán hacia el campo de la ingeniería genética y se enfocarán en el fenotipo gingival y el tejido blando alrededor de implantes dentales.

La estética de los tejidos blandos alrededor del diente natural está influida de gran manera por las dimensiones que se establecen en la formación de la anchura biológica, a grandes rasgos consiste aproximadamente en 1 mm de tejido conectivo, 1 mm de epitelio y 1 mm de surco gingival.^(132, 145) Este sellado natural que otorga protección frente a agentes nocivos externos está también presente alrededor de los implantes, y su desarrollo y establecimiento es la principal causa de reabsorción ósea después de la exposición del implante a la cavidad oral (figura 7).^(93, 100, 153, 177-179) La reabsorción ósea también depende del grosor óseo alrededor del implante, así en varios trabajos publicados por Wilderman y cols.⁽¹⁸⁰⁾ y Moghaddas y Stahl,⁽¹⁸¹⁾ demostraron que la cantidad de reabsorción ósea es dependiente del grosor del hueso con una mayor reabsorción en áreas de hueso delgado, esto hace posible que la cirugía de elongación coronaria en la cara lingual y bucal, resulta en una mayor anchura biológica tras la cirugía que en interproximal.^(180, 181)

Introducción

Figura 7: Formación de la anchura biológica alrededor del implante. (Tomado de Lazzara y Porter, 2006).



Cuando se considera la restauración protodóntica de un diente, Ingber y cols.⁽¹⁴²⁾ discutieron la violación de la anchura biológica y las consecuencias potenciales de inflamación gingival, pérdida de hueso crestral y la recesión gingival. Nevins y Skurow⁽¹⁸²⁾ respaldaban el concepto de que la anchura biológica debía ser considerada en 3 mm de longitud, medida coronalmente desde la cresta alveolar. Esto permitiría a las restauraciones ser colocadas al menos, 1 mm dentro del surco gingival. Del mismo modo, así como el margen de la restauración puede ir dentro del surco gingival, la colocación de la unión implante-pilar demasiado cerca del hueso puede resultar en una destrucción alveolar.

Todos estos estudios han indicado que, la anchura biológica debe estar altamente dependiente con el diseño y superficie de los implantes. Los implantes con cuellos lisos y cortos han tendido a la pérdida ósea menor que los implantes con superficies largas y lisas colocadas por debajo del nivel de cresta ósea.⁽¹⁸³⁾

Los implantes con superficie rugosa que se extienden al final de la unión implante-pilar tienden a tener menos pérdida de hueso alveolar.⁽¹⁸⁴⁾

Los factores involucrados en el mecanismo de reabsorción y deposición ósea alrededor de los implantes dentales no son todavía completamente conocidos,⁽¹⁸⁵⁾ y son varias las teorías que intentan explicar los cambios observados en la altura de hueso cresta después de la restauración mediante implantes.⁽¹⁸⁶⁾ El establecimiento de la anchura biológica,^(153, 154, 187, 188) la localización del infiltrado de células inflamatorias,^(107, 186) la distancia de la unión entre implante-pilar y la cresta ósea,^(100, 154, 189) biotipo gingival,⁽¹⁹⁰⁾ y la concentración de estrés debido a la carga oclusal,^(13, 102, 185, 191-195) son algunas de aquellas hipótesis.⁽¹⁸⁸⁾

Por otro lado, y es una interesante consideración, se ha observado que la reabsorción de cresta ósea se reduce con el uso de un implante con un pilar medializado como oposición al pilar convencional, y ello nos introduce en un nuevo concepto de diámetro de plataforma.⁽¹⁹⁶⁾

I.4 Nuevo concepto de plataforma.

Hay varias teorías que intentan explicar los cambios observados en la altura de la cresta ósea después de la restauración de un implante. Las radiografías de evolución muestran que después de la restauración, el remodelado óseo que se produce suele coincidir con el nivel de la primera espira del implante, algunos autores intentan explicarlo por diversas causas: resultado de un stress en la región coronal del implante⁽¹⁰²⁾ o resultado de una inflamación localizada en el tejido blando en la unión entre el implante y el pilar,^(107, 187, 197) lo

Introducción

que trae como consecuencia el intento por parte de los tejidos blandos de restablecer la anchura biológica alrededor del implante.

Berglundh y Lindhe⁽¹⁵³⁾ demostraron en perros que se necesita una anchura biológica mínima alrededor de un implante de aproximadamente 3 mm y así no se produce la reabsorción ósea. Abrahamsson y cols.⁽¹⁹⁷⁾ publicaron que repetidas conexiones y desconexiones del pilar, favorece que descienda más esta unión entre el implante y la mucosa. Dicha repetida remoción puede haber creado una herida en el interior del tejido blando y por lo tanto la reabsorción de la cresta ósea que observaron, es consecuencia del intento por parte de los tejidos de estabilizar la dimensión biológica de la mucosa y mantener estable la unión de la mucosa al implante.

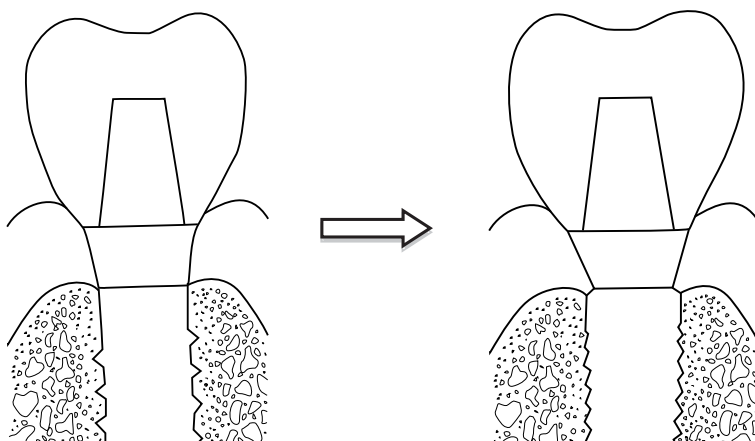
El concepto de plataforma estrecha (“platform-switching”) fue introducido por Gardner⁽¹²⁾ y Lazzara y Porter.⁽¹⁸⁶⁾ Lazzara y Porter⁽¹⁸⁶⁾ explicaron claramente la importancia del microgap y el restablecimiento de la anchura biológica alrededor de los implantes dentales. La reabsorción del hueso en el cuello del implante (usualmente denominado “craterización”) está basada en la observación de una zona de tejido conectivo infiltrado por células inflamatorias crónicas que están siempre presente alrededor de la unión implante-pilar en el sistema de implantes de dos piezas. Esto parece estar relacionado con la fuga de bacterias del microgap, lo que desencadena la reabsorción ósea. La “craterización” no es un fenómeno inevitable y alguna evidencia clínica ha indicado que es posible reducir la pérdida de hueso crestal cuando el diámetro de la conexión del pilar es más estrecho que el cuello del implante, es la denominada “Platform switching”.^(12, 186, 198) En 1991, Implants Innovations, (BIOMET 3i, 4555 Riverside Drive, Palm Beach Gardens, FL 33410) comienza a introducir en el mercado un nuevo tipo de implantes de diámetro ancho (5,0 mm y 6,0 mm) indicado para zonas posteriores y en

situaciones que existe un hueso muy trabeculado. Pero no existen en esta época aditamentos protéticos de tamaño adecuado para este tipo de implantes y por lo tanto se utilizan los aditamentos indicados para el implante estándar que son de un diámetro menor (4,1 mm). Como consecuencia de esta discrepancia de tamaños se produce una distancia entre el borde del implante y el del pilar de 0,45 (en el implante de 5,0 mm) o de 0,95 mm (en el implante de 6,0 mm). Con el seguimiento radiológico a largo plazo aquellos implantes que habían recibido elementos protéticos de menor diámetro y habían recibido cargas, demostraron un menor cambio vertical en la altura de la cresta ósea perimplantar que la típicamente observada alrededor de los implantes restaurados de forma convencional con los componentes protéticos que le correspondían. Este hallazgo casual condujo a la introducción del concepto plataforma estrecha, en el cual, se crea un escalón entre el implante y el pilar de aproximadamente 90°. ^(12, 186, 199) Es decir, que hay un cambio en la respuesta de los tejidos blandos a esta modificación del pilar (figura 8). ⁽¹⁸⁶⁾

Figura 8: Diferencias a nivel de la cresta ósea entre los implantes restaurados con:

a) plataforma convencional.

b) plataforma estrecha.



Introducción

Varios estudios intentan explicar este cambio. Así, Berglundh y Lindhe⁽¹⁵³⁾ y Ericsson y cols.⁽¹⁸⁷⁾ estudiaron en secciones histológicas de hueso y tejido blando que el hueso crestal está siempre separado de la base del pilar (donde existe una zona de infiltración de células tisulares de aproximadamente 1 mm de ancho) por una zona de tejido conectivo sano. Hay dos condiciones que favorecen este cambio en la respuesta del tejido blando en la plataforma estrecha: primero que se crea un área donde el tejido blando puede aposicionarse y por lo tanto se reduce esta reabsorción ósea y segundo, el infiltrado de células inflamatorias se aleje del borde del implante y se localice en un área más reducida con una angulación de $\leq 90^\circ$, mientras que antes se situaba en una mayor área de convergencia entre el implante y el pilar de unos $\leq 180^\circ$. Como consecuencia se reduce la exposición al infiltrado inflamatorio y la remodelación ósea y de tejido blando. El proceso de cambio de plataforma debe comenzar ya con el pilar de cicatrización en el momento en el que el implante se ve expuesto a la cavidad oral, ya que ahí es donde comienza la formación de la anchura biológica.

Los efectos de la plataforma estrecha pueden ser clínicamente importantes en varias situaciones. Cuando las estructuras anatómicas como el seno maxilar o el nervio alveolar limita la altura de hueso residual, la plataforma estrecha minimiza la reabsorción ósea e incrementa el soporte biomecánico disponible para el implante. Otro aspecto importante de la plataforma estrecha es su efecto en la estética en los tejidos blandos perimplantarios. Tarnow y cols.^(120, 171) mostraron como la presencia de papila dental está influenciada por la distancia entre los implantes. Cuando dos implantes son colocados cerca uno del otro, la altura de hueso interimplantario puede reabsorberse debajo de la conexión implante-pilar, reduciendo la presencia de papila interimplantaria. Esto afecta al resultado clínico en la zona estética. La plataforma estrecha reduce esta reabsorción fisiológica, desplazando el microgap lejos del hueso

interimplantario que soporta la papila. Esto ayuda a eliminar las deformidades estéticas, los problemas fonéticos y la impactación lateral de comida. Con este objetivo Baumgarten y cols.⁽¹⁹⁹⁾ analizan este protocolo y concluyen que la plataforma estrecha ayuda a preservar la cresta ósea y los niveles de tejido blando son más predecibles a largo plazo.

El estudio de Novaes y cols.⁽²⁰⁰⁾ confirmaron que la remodelación de la cresta ósea sigue ocurriendo a pesar de la técnica de la plataforma estrecha. Los implantes fueron colocados a 1,5 mm subcrestalmente, y la reabsorción ósea paró cerca del cuello de los implantes. Los resultados del estudio de Cappiello y cols.⁽²⁰¹⁾ muestran que la reabsorción alrededor de los implantes dentales puede ser disminuida moviendo el microgap hacia el interior de la unión implante-pilar, la reabsorción ósea perimplantaria en los implantes convencionales fue 1,67 mm ($\pm 0,37$) después de un año de carga funcional. Los implantes con plataforma estrecha mostraron una pérdida ósea de 0,95 mm ($\pm 0,32$). El uso de pilares más estrechos puede incrementar la distancia entre el microgap y el hueso crestral, lo que reduce la reabsorción ósea. El resultado del seguimiento de la plataforma estrecha ha sido también estudiado histológicamente, tanto en humanos como en animales. Sin embargo, Becker y cols.⁽¹⁰⁾ no encontraron diferencias histológicas en la reabsorción de hueso entre la restauración convencional y los implantes de plataforma estrecha después de 28 días de cicatrización en perros. Realizan un estudio sobre los cambios de hueso crestral utilizando dos tipos de pilares, estándar y de plataforma estrecha, valorando los cambios histológicos en un modelo animal. Los resultados del estudio parecen indicar que el concepto de plataforma estrecha es capaz de prevenir el desplazamiento apical de la barrera epitelial, quizás la limitación de este trabajo es que se trata de un estudio en perros en un periodo de observación de 28 días. Jung y cols.⁽⁹⁵⁾ y Cochran y cols.⁽²⁰²⁾ publicaron sólo una mínima pérdida ósea alrededor de los implantes con plataforma estrecha seguidos de un periodo de

Introducción

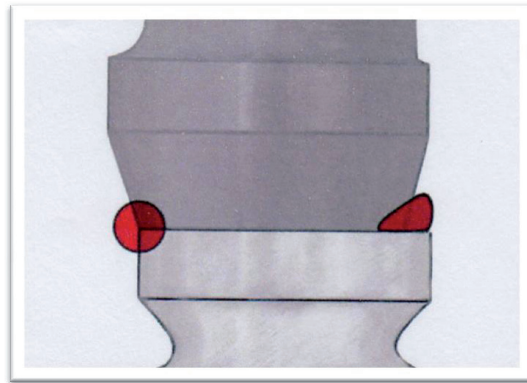
carga de seis meses. Luongo y cols.⁽¹⁰¹⁾ examinaron histológicamente un implante humano removido a los 2 meses después de su colocación y especularon que el desplazamiento del tejido conectivo inflamatorio hacia el interior de la zona de unión implante-pilar podría ser la razón para la preservación de hueso alrededor de los implantes plataforma estrecha. Conclusiones similares fueron descritas por Degidi y cols.⁽²⁰³⁾ quienes publicaron un informe sobre un estudio histológico en un humano retirado al cabo de un mes de carga sin encontrar reabsorción del hueso coronal.

La reabsorción del tejido óseo puede ser activada por diferentes factores tales como trauma durante el acto quirúrgico, infección bacteriana tanto en el periodo inicial como una vez establecida la osteointegración, así como también, por sobrecarga en la interfase hueso-implante.⁽²⁰⁴⁻²⁰⁶⁾ Bajo las fuerzas funcionales ejercidas durante la masticación, la sobrecarga del hueso perimplantario puede ser inducida por un acortamiento en el mecanismo de transmisión de carga (puede ser debido a una oclusión inadecuada o a una prótesis deficiente, mal diseño del implante o incorrecta colocación quirúrgica). Como consecuencia se pueden alcanzar elevadas concentraciones de estrés en la interfase hueso-implante. Los campos de estrés pueden estimular en el tejido óseo la actividad osteoclástica provocando la reabsorción biológica del hueso y dicho fenómeno puede hacer peligrar la efectividad del implante.⁽²⁰⁷⁾ Las razones por las que la plataforma estrecha puede preservar el tejido óseo no han sido clarificadas suficientemente hasta la actualidad, pero existen varias hipótesis que pretenden ofrecer una explicación; dichas hipótesis están en relación con la localización del microgap entre el implante y el pilar, así como, la distribución del estrés en las regiones perimplantarias.^(99, 121, 188, 208) Una de las razones que pueden explicar la preservación ósea es la distribución del estrés en la unión implante-pilar. El concepto de plataforma estrecha ha sido analizado en diversos trabajos por medio de elementos finitos, basándose en estos estudios se

Introducción

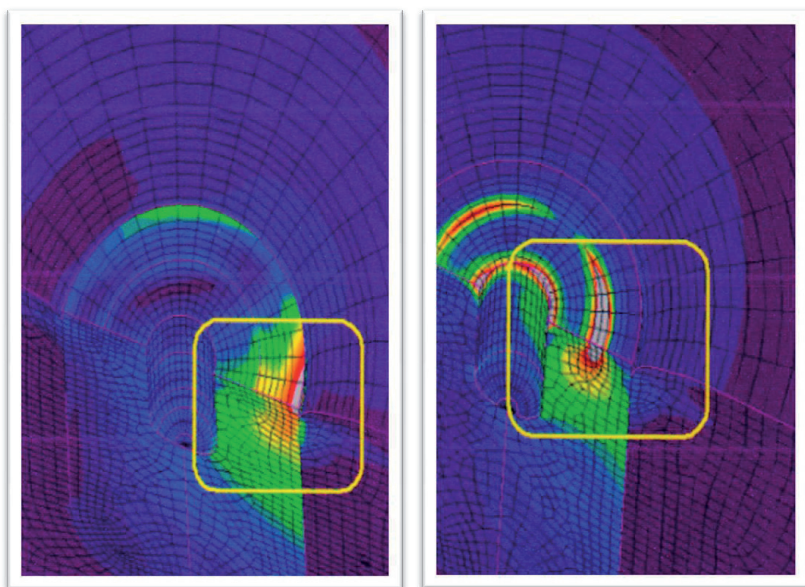
ha intentado establecer unos valores extremos entre los cuales el hueso se mantendría en homeostasia. De este modo un estrés equivalente a 1,6 MPa es suficiente para evitar la pérdida de hueso crestral por atrofia en la región canina y premolar, y valores superiores a 60 MPa pueden provocar la pérdida ósea por fatiga.⁽²⁰⁹⁻²¹¹⁾ Maeda y cols.⁽¹⁹⁸⁾ sugieren una diferencia en la distribución del estrés con una clara ventaja biomecánica para la plataforma estrecha, ya que en este caso el área de mayor estrés se localiza hacia el centro del implante al contrario de la plataforma normal que presenta una mayor área de estrés en la interfase pilar-implante-hueso (figuras 9 y 10).

Figura 9: Localización de la distribución de las cargas en la plataforma convencional y la plataforma estrecha.



Introducción

Figura 10: Diferente distribución de las cargas en las dos plataformas. (Tomado de Maeda y cols. 2007)



Un reciente trabajo de Schrotenboer y cols.⁽²¹²⁾ sugiere que las microespiras a nivel del cuello del implante incrementan el estrés en el hueso crestral pero dentro de valores no perjudiciales (6,48 a 24,51 MPa). Además cuando los aditamentos tienen un diámetro reducido del 10% o del 20%, el resultado es de un menor estrés transferido a la cresta ósea, a pesar del tipo de espira (microespira o lisa) o la dirección de la fuerza (vertical u oblicua). Estas consideraciones parecen confirmarse también por el trabajo de Tabata y cols.⁽²¹³⁾ que comparan la plataforma convencional con la plataforma estrecha mediante análisis de elementos finitos en dos dimensiones. En este estudio, Tabata y cols. concluyen: 1º) que el grupo de implantes con plataforma estrecha disminuye la cantidad de estrés (80% menos) y además disminuye la distribución del estrés

sobre la cortical del hueso perimplantar en comparación con el grupo de plataforma regular; 2º) la concentración del estrés en la plataforma estrecha está más concentrada hacia el interior del implante y lejos de la superficie del hueso, y además no se extiende a través de las espiras del implante como en la plataforma convencional; y 3º) para la corona y la retención del tornillo, se observó un aumento de la concentración del estrés en la plataforma estrecha.

La otra razón por la que la plataforma estrecha preserva el hueso perimplantario está en relación con la localización del infiltrado inflamatorio y la colonización bacteriana. Becker y cols.⁽¹⁰⁾ encontraron que el desplazamiento interno del pilar en 0,5 mm previene la modificación de la barrera epitelial hacia apical al cabo de 28 días. Este desplazamiento puede prevenir la reabsorción ósea en comparación con los pilares convencionales. Algunos autores discuten que la colonización bacteriana del surco del implante es una causa potencial,^(100, 121, 187, 214, 215) mientras otros autores describen que la estabilización de una adecuada dimensión de la anchura biológica está asociada con la reabsorción de sitios con mucosa fina^(153, 216) y en unión con la reconexión del pilar.⁽¹⁹⁷⁾ Las conexiones asociadas a configuraciones implante-pilar con diámetros ajustados se han vinculado a un infiltrado de células inflamatorias y pérdida ósea de 1,5 – 2 mm.^(126, 217) Esto apoya la hipótesis que sugiere que la plataforma estrecha incrementa la distancia entre el infiltrado de células inflamatorias del aditamento y la cresta alveolar, lo que reduce el efecto de reabsorción ósea.⁽¹⁸⁷⁾ Además, los resultados obtenidos por Schrottenboer y cols.⁽²¹²⁾ confirman las especulaciones realizadas por Lazzara y Porter,⁽¹⁸⁶⁾ quienes encontraron que si posicionaban la interfase implante-pilar lejos del hueso crestal se reducía la reabsorción ósea a este nivel. La plataforma estrecha puede incrementar la distancia entre el pilar-infiltrado de células inflamatorias y el nivel de hueso marginal, y de ese modo disminuir su efecto de reabsorción de hueso. Además, habría una reducción en la cantidad de pérdida ósea marginal necesaria para exponer una mínima cantidad

Introducción

de superficie del implante la cual el tejido blando puede solventar. Estas suposiciones están apoyadas por recientes estudios animales^(95, 202, 218) y observaciones histológicas humanas.^(101, 203) Una serie de casos clínicos de implantes inmediatos^(219, 220) y estudios prospectivos controlados han evaluado las respuestas óseas^(201, 221-224) así como las respuestas de tejidos blandos en implantes de plataforma estrecha.⁽²²⁵⁾ La magnitud de alteraciones del nivel de hueso marginal observado varía entre los estudios. Esto puede ser debido a diferentes periodos de observación (6-24 meses), tipos de implantes, estudios poblacionales y métodos de análisis radiográficos. Sin embargo, comparando con implantes control con dimensiones implante-pilar ajustados estos estudios colectivamente podrían demostrar menor pérdida ósea marginal estadísticamente significativa calculadas en radiografías de implantes restaurados acorde al concepto de plataforma estrecha. Este último estudio, con un seguimiento de al menos 3 años, no sólo confirma esto sino podría además –por primera vez– establecer una relación entre la extensión de la plataforma estrecha y la cantidad de pérdida ósea marginal.⁽²²⁶⁾

En una revisión sistemática y meta-análisis del 2010, Atieh y cols.⁽²²⁷⁾ evalúan la preservación marginal de hueso alrededor de los implantes con plataforma estrecha. La búsqueda inicial de la literatura identifica 146 títulos. La revisión de sus resúmenes y palabras clave resultó en 43 estudios. Después de la evaluación, 26 estudios fueron excluidos como fallidos en los criterios de inclusión. Del remanente de 17 estudios y una reseña de conferencia fueron estudiados en profundidad para incluirlos en la revisión. Ocho estudios fueron excluidos de la revisión por las siguientes razones: cuatro no tienen grupo control,^(15, 219, 220, 228) dos estudios utilizan un modelo de elementos finitos,^(198, 229) uno tiene un periodo de observación de 6 meses,⁽²²¹⁾ y un estudio fue un duplicado⁽²²⁵⁾ de otro estudio publicado.⁽²²³⁾ Por lo tanto, un total de 10 estudios que contienen en total 1239 implantes fueron incluidos en esta revisión

sistemática y meta-análisis.^(196, 201, 222-224, 226, 230-233) Estos 10 estudios seleccionados fueron publicados entre 2007-2010, y presentan similares criterios de inclusión incluyendo la presencia de una altura y anchura suficiente de hueso alveolar, la ausencia de signos de infección local, y un control adecuado de placa. Los estudios seleccionados excluyen pacientes con enfermedad crónica sistémica, periodontitis no tratada, bruxismo, y fumadores severos (más de 10 cigarrillos/día). Siete de estos estudios fueron aleatorizados^(196, 222-224, 226, 232, 233) y los tres estudios remanentes fueron ensayos clínicos aleatorios.^(201, 230, 231) El rango del periodo de observación va desde los 12 meses^(201, 222, 232, 233) a 60 meses.⁽²³¹⁾ Sólo dos estudios publicaron en alveolos postextracción seguidos de carga inmediata,^(223, 230) mientras que el resto siguieron un protocolo convencional. Los resultados fueron: el rango de pérdida ósea en el grupo test y grupo control fue 0,06 a 0,99 mm y 0,19 a 1,67 mm, respectivamente. Una reducción estadísticamente significativa en la pérdida de hueso perimplantario fue publicada alrededor de los implantes plataforma estrecha en siete estudios,^(196, 201, 222-224, 226, 231) sin embargo tres estudios no muestran diferencias significativas entre los dos grupos.^(230, 232, 233)

Aunque existen abundantes trabajos en la literatura sobre las posibilidades de mantenimiento sobre la preservación de la altura de hueso crestral mediante la utilización de implantes con plataforma estrecha, muchos de estos trabajos carecen de un grupo control^(186, 203, 219) y en los últimos años nuevos estudios con mayor evidencia gracias a la utilización de un grupo control, confirman en la mayoría de los casos los resultados favorables. Nuevas tendencias van apareciendo con modificaciones de la técnica como la descrita por Carinci y cols.⁽²³⁴⁾ que elaboran el concepto de “bone platform switching” el cual implica un anillo hacia dentro de hueso en la parte coronal del implante que está en continuidad con la cresta del hueso alveolar. El “bone platform switching” se obtiene utilizando una prótesis fija con cuello de cono reverso. Este tipo de

Introducción

implante produce un incremento en volumen del hueso crestral residual alrededor del cuello del implante y conlleva varias ventajas: 1- reduce el estrés mecánico en el área de la cresta del hueso alveolar, 2- reposiciona la papila gingival en el anillo de hueso (que es la condición fisiológica), y 3- provee de un correcto aporte vascular a los tejidos duros incluso en casos de espacio interimplante reducido. El cuello cónico reverso por sí mismo no es suficiente para reducir la reabsorción ósea. Probablemente, la mayor distancia entre la unión implante-pilar y el hueso crestral es el mayor efecto determinante de la plataforma estrecha.^(234, 235)

II. JUSTIFICACIÓN.

De las consideraciones previas y estado actual del tema debemos destacar las siguientes premisas:

- a. La necesidad de un control radiológico de los implantes a largo plazo para poder realizar un seguimiento de la evolución de los tejidos perimplantarios. Desde 1982 se ha establecido que *“es imperativo que el uso rutinario de cualquier sistema de implantes se base en la evaluación del resultado de las investigaciones clínicas seguidas a largo plazo”*.⁽¹⁴⁾ Dichas investigaciones deben reflejar los cambios óseos perimplantarios y la cuantificación de la pérdida ósea, generalmente la altura de cresta ósea figura de manera obligada en todos los criterios de éxito y fracaso aplicables a cualquier sistema de implantes.
- b. Las valoraciones longitudinales radiográficas de las condiciones de hueso perimplantario se basan, específicamente, en la medición de la altura del hueso crestal, para lo cual se define el primer contacto hueso-implante respecto a un punto de referencia establecido de antemano que sea fácilmente discernible (comúnmente la primera espira de la porción sumergida del implante o la unión implante-pilar).
- c. A pesar de los continuos avances en los sistemas de diagnóstico por imagen, la radiografía intraoral usando la técnica paralela (la técnica paralela se define como el paralelismo entre el objeto a estudiar y el plano de la película mientras que el eje central de los Rx se ajusta perpendicularmente a ambos planos) es la recomendada para visualizar mínimos cambios de hueso. Además, un registro individualizado de mordida y la utilización de un porta radiografías permite la reposición exacta de la placa radiográfica en diferentes momentos a lo largo del tiempo. En estas condiciones es posible un alto grado de discriminación

Justificación

de cambios óseos. Sin embargo existen dos puntos claves sin resolver: la distorsión de la imagen, generalmente magnificación, debido a la posición oblicua del implante lo cual ocurre más a menudo en el maxilar superior debido a la fuerte inclinación del paladar o la existencia de un paladar bajo y el siguiente punto es la exacta definición en la placa radiográfica de los puntos de referencia a medir, por un lado un punto implantario muy nítido debido a su naturaleza metálica y otro difícil de discernir en ocasiones que es el punto de contacto óseo. Ello implica que en determinadas situaciones anatómicas, sobre todo en el sector posterior, puede resultar muy difícil la valoración radiográfica.

- d. Es necesario, pues, ante cualquier intento de valoración radiológica del estado óseo perimplantario, conocer la precisión del método o métodos utilizados, y de este modo situar en el contexto adecuado con las limitaciones los resultados obtenidos. También parece importante conocer la influencia que pueda tener en la obtención de los resultados la correcta definición de los puntos de referencia establecidos y por lo tanto valorar este posible sesgo.
- e. En los iniciales sistemas de implantes con la interfase implante-pilar a nivel de hueso es habitual la aparición, una vez se procede a la exposición del implante y la conexión del pilar, de una remodelación de la cresta ósea, que implica una reabsorción tanto en sentido vertical como horizontal que ronda de 1,5 a 2 mm.⁽¹⁰¹⁾ Dicha reabsorción está fuertemente relacionada con el espacio existente entre la prótesis y la cabeza del implante; esta separación está asociada con la contaminación bacteriana que determina la formación de un infiltrado inflamatorio crónico que causa la reabsorción. Posteriores avances han sido la utilización de implantes de una pieza con una superficie rugosa que

favorece la integración ósea y una parte lisa para la aposición mucosa y formación de un sellado biológico, de este modo se aleja la zona de unión implante prótesis de la cresta ósea. Es evidentemente una mejora en el control de la remodelación ósea, aunque en zonas anteriores presenta inconvenientes ya que el manejo de los tejidos blandos no es tan modificable.

- f. Una aportación reciente ha sido la aparición del concepto de “plataforma estrecha”. Los primeros estudios al respecto avanza importantes y prometedoras novedades. El implante se sitúa a nivel de la cresta ósea lo que les otorga una gran plasticidad para el manejo y modificación de los tejidos blandos en la morfología y perfil de emergencia. Por otro lado, debido a la diferencia en los diámetros del implante es posible minimizar o eliminar la reabsorción ósea al desplazar horizontalmente la formación del sellado biológico. Sin embargo existen pocos estudios concluyentes y que ofrezcan una sólida evidencia científica a favor del uso de este sistema implantario, aunque en la literatura aparecen nuevos estudios de manera incrementada, un reciente meta-análisis únicamente encuentra 10 trabajos evaluables por su alta evidencia y de ellos 3 no encuentran que el sistema de plataforma estrecha reduzca la reabsorción ósea crestal.⁽²²⁷⁾ Es evidente, que no disponemos, al momento, de suficiente evidencia científica que apoye el uso de implantes con plataforma estrecha.

III. OBJETIVOS.

Objetivos

La finalidad de este trabajo es la valoración de la respuesta en los tejidos óseos y mucosos de un sistema de implantes a nivel de hueso y con una conexión a un pilar de plataforma estrecha y comparar los resultados con el usual sistema de implantes a nivel de tejidos blandos con una conexión con un pilar de plataforma convencional. Para ello hemos establecido los siguientes objetivos:

- Establecer la precisión de la técnica estándar de medición radiológica de la altura de hueso crestal.
- Establecer la precisión de una modificación de la técnica estándar que se puede utilizar en condiciones anatómicas que impiden el uso de la técnica paralela de cono largo.
- Valorar la influencia de la correcta definición de los puntos de referencia utilizados para realizar las mediciones.
- Medición de la altura de hueso crestal en el momento de la cementación de la prótesis y al cabo de un año de seguimiento con un sistema de implantes no sumergidos a nivel de tejidos blandos y conexión con un pilar del mismo diámetro, situados en el sector posterior.
- Medición de la altura de hueso crestal en el momento de la cementación y al cabo de un año de seguimiento con un sistema de implantes a nivel óseo y con una conexión con un pilar de plataforma estrecha, situados en el sector posterior.
- Medición de la distancia entre el punto más coronal de la papila y el punto de contacto a los 15 días del cementado y al cabo de un año de

Objetivos

seguimiento en un sistema de implantes a nivel óseo y con plataforma estrecha.

- Medición de la distancia entre el punto más apical del margen gingival y el punto más coronal del borde incisal o la cúspide correspondiente.

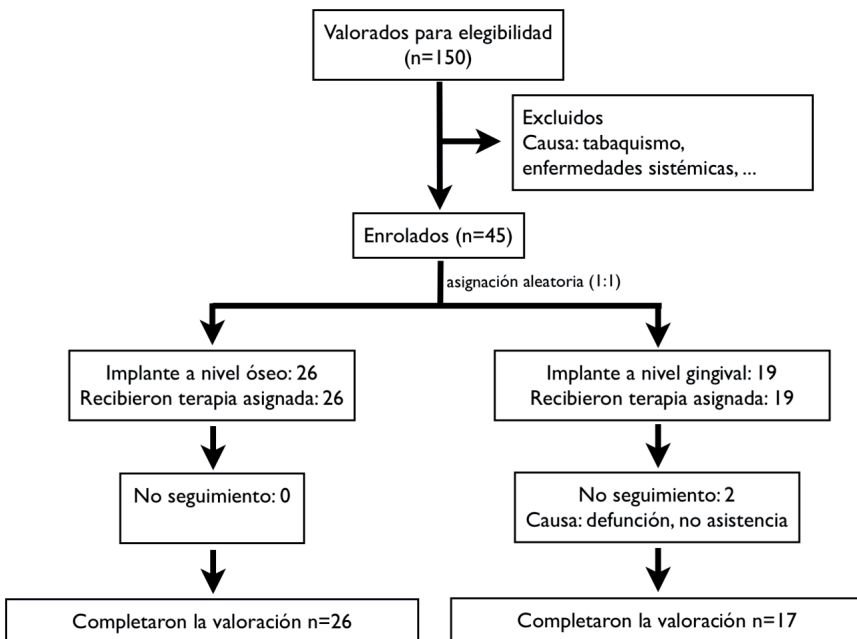
IV. MATERIAL Y MÉTODO.

IV. MATERIAL Y MÉTODO.

El presente trabajo es un estudio prospectivo de investigación clínica que pretende valorar los cambios en los tejidos duros y blandos perimplantarios.

De un total de 150 pacientes valorados entre octubre 2008 a julio 2009 en la Unidad de Prótesis Dental de la Facultad de Medicina y Odontología para la rehabilitación mediante prótesis fija implanto-retenida se enrolan en el estudio 45. Los motivos de exclusión fueron: problemas sistémicos de salud, hábito tabáquico, inadecuada higiene oral, desórdenes témporo-mandibulares y embarazo o negación para la realización del estudio. Se distribuyeron al azar en dos grupos según el modelo representado de manera gráfica en la figura 11.

Figura 11: Diagrama de flujo de asistencia a pacientes a lo largo del ensayo.



Material y método

Se han asignado de modo aleatorio a uno de los dos grupos:

- Un grupo control, formado por pacientes que reciben un tratamiento mediante implantes en los cuales el cuello queda a nivel de mucosa y rehabilitados con pilares de plataforma convencional, es decir, del mismo diámetro que el del implante.
- Un grupo test formado por pacientes que reciben un tratamiento mediante implantes en los cuales el cuello queda situado a nivel de hueso y rehabilitados con pilares de diámetro más estrecho que el diámetro del implante, de acuerdo al concepto “platform switching”.

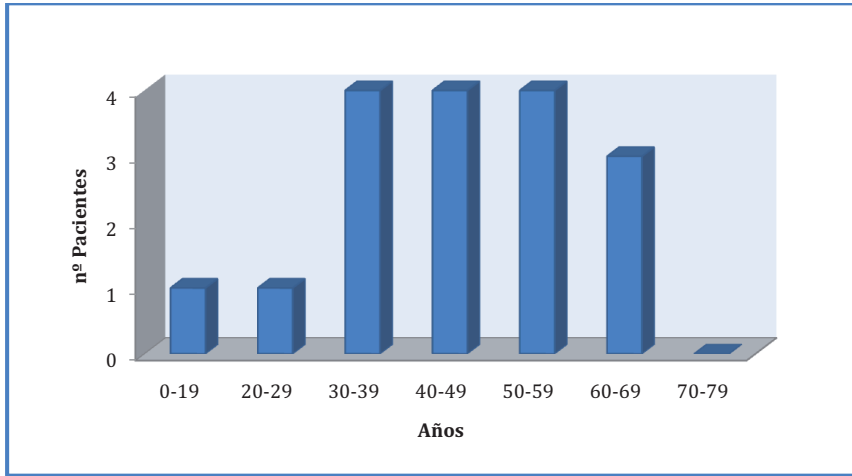
Se ha realizado la valoración de los siguientes parámetros:

1. Medición del nivel óseo en el momento de la cementación de la prótesis fija sobre el implante y al año de seguimiento en ambos grupos.
2. Medición de los tejidos blandos en el grupo test a los quince días del cementado de la prótesis fija sobre el implante y al año de seguimiento.

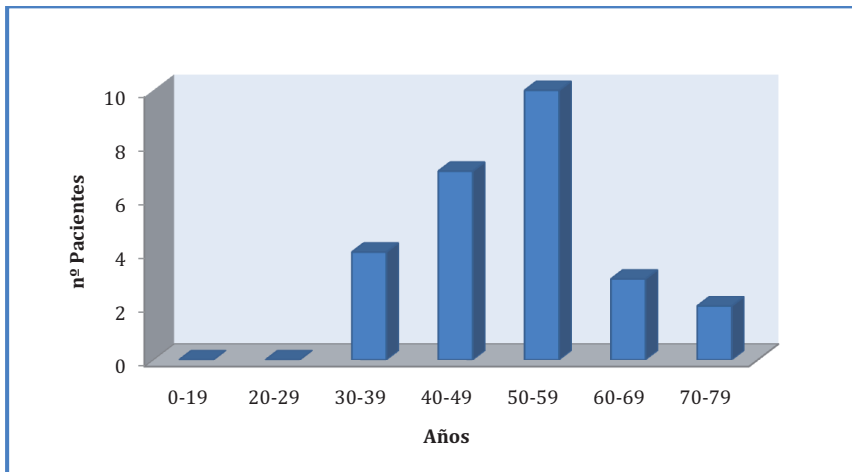
Del grupo control, de los iniciales 19 pacientes que recibieron terapia asignada, 2 se perdieron durante la etapa de seguimiento: 1 defunción y 1 por traslado, por lo que el número final ha sido 17 pacientes, (11 mujeres y 6 hombres) con una media de edad de 45,35 años (rango de edad 19-67). El grupo test lo conformaron 26 pacientes (19 mujeres y 7 hombres) con una media de edad de 52,03 años (rango de edad 35-77). Todos los pacientes han sido informados del estudio a realizar y otorgaron su consentimiento para realizar todas las pruebas (figura 12).

Figura 12: Representación de la edad:

a. grupo control.



b. grupo test.



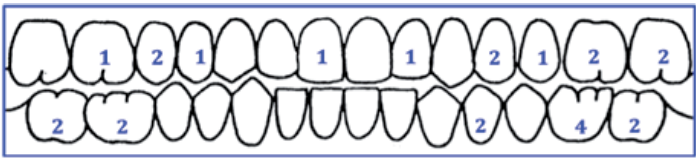
En los 17 pacientes del grupo control se colocaron 25 implantes Standard Plus Type (Institut Straumann AG, Waldenburg/BL, Switzerland) situados: 2 en incisivos maxilar superior, 6 en premolares maxilar superior, 5 en molares maxilar superior, 2 en premolares maxilar inferior y 10 en molares maxilar

Material y método

inferior. Los implantes de diámetro 3,3 (estrechos) utilizados fueron un total de 3 (1 de 10 mm y 2 de 12 mm), de diámetro 4,1 (estándar) el número de implantes alcanza un total de 16 (1 de 8 mm, 12 de 10 mm y 3 de 12 mm) y de diámetro 4,8 (ancho) un total de 6 implantes (4 de 8 mm y 2 de 10 mm) (tabla II) (figura 13).

Tabla II: Distribución topográfica, longitud y diámetro de los implantes del grupo control.

Diámetro	Ø 3.3		Ø 4.1			Ø 4.8	
Longitud	10	12	8	10	12	8	10
Incisivos M Sup.				2			
Premolares M Sup.		2		1	3		
Molares M Sup.				4			1
Premolares M Inf.	1			1			
Molares M Inf.			1	4		4	1



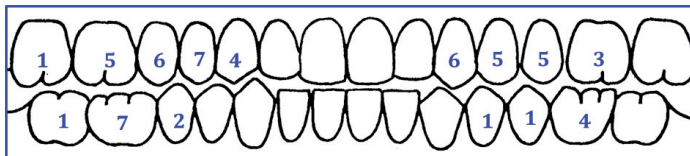
En los 26 pacientes del grupo test se colocaron 58 implantes Bone Level Type (Institut Straumann AG, Waldenburg/BL, Switzerland) situados: 10 en

Material y método

caninos maxilar superior, 23 en premolares maxilar superior, 9 en molares maxilar superior, 4 en premolares maxilar inferior y 12 en molares maxilar inferior. Los implantes de diámetro 3,3 (estrecho) utilizados fueron un total de 11 (3 de 10 mm, 6 de 12 mm y 2 de 14 mm), de diámetro 4,1 (estándar) el número de implantes alcanza un total de 40 (5 de 8 mm, 24 de 10 mm, 9 de 12 mm y 2 de 14 mm) y de diámetro 4,8 (ancho) un total de 7 implantes (todos de 10 mm) (tabla III) (figura 13).

Tabla III: Distribución topográfica, longitud y diámetro de los implantes del grupo test.

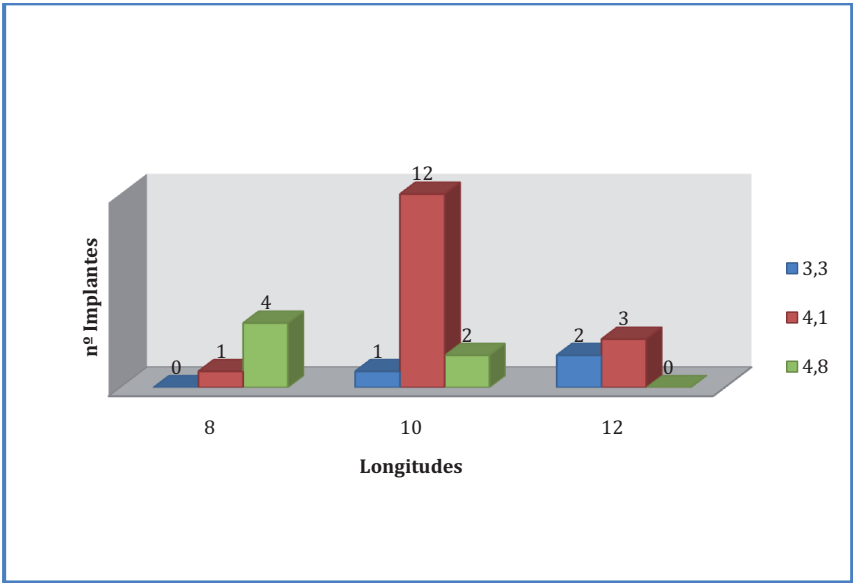
Diámetro	Ø 3,3			Ø 4,1				Ø 4,8
Longitud	10	12	14	8	10	12	14	10
Caninos M Sup		3	1		3	3		
Premolares M Sup.	2	1	1	1	9	5	2	2
Molares M Sup.	1	1			3	1		3
Premolares M Inf.		1		1	2			
Molares M Inf.				3	7			2



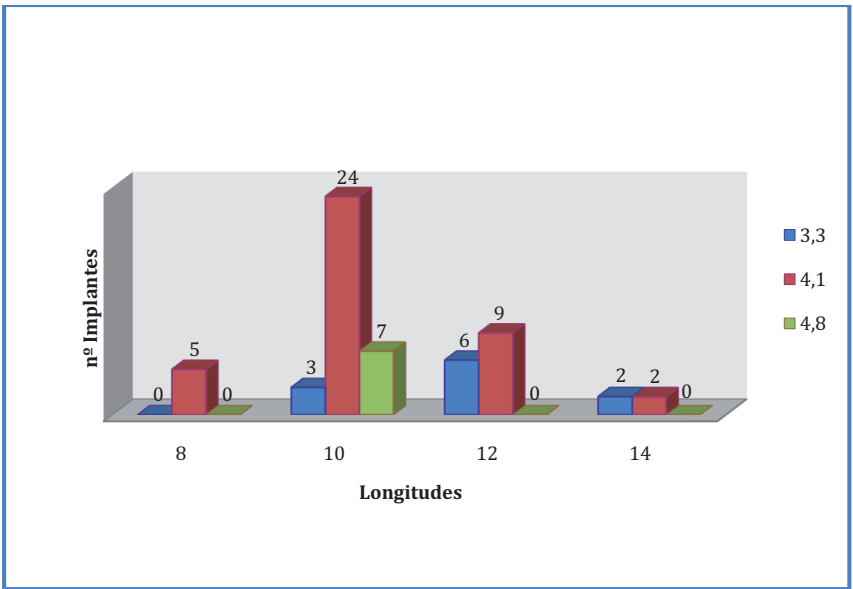
Material y método

Figura 13: Distribución en longitud y diámetro de los implantes:

a. grupo control.



b. grupo test.



La cirugía y los procedimientos protéticos fueron realizados acorde con las indicaciones del fabricante y con los protocolos establecidos y publicados con anterioridad.⁽²³⁶⁻²³⁸⁾ Los implantes del grupo control se insertaron con el límite superior de la porción rugosa a nivel de la cresta ósea y la porción pulida en contacto con la mucosa; los implantes del grupo test, de acuerdo a su diseño, fueron situados a nivel de la cresta ósea, todo esto se verificó mediante exploración clínica y radiografía de control postoperatoria. Todos los pacientes recibieron una cobertura antibiótica, antiinflamatoria y antiséptica durante 8 días, transcurridos los cuáles, se procedió a la remoción de la sutura. Dada la buena estabilidad primaria de los implantes, todas la fijaciones recibieron casquillos de cicatrización supragingivales. Se instruyó al paciente en la realización de la higiene oral de los pilares de cicatrización y de la cavidad bucal. Una vez transcurrido un periodo de osteointegración, que osciló entre dos y cuatro meses de acuerdo con la calidad ósea y situación en el maxilar, se procedió a la carga de los implantes mediante prótesis cementada. Todas las prótesis presentaron un buen ajuste marginal sobre el pilar. Se utilizó una técnica no sumergida puntos de contacto adecuados y un buen diseño de la cara oclusal con contactos simultáneos en las restauraciones implantarias y en los dientes naturales durante la posición de máxima intercuspidadación, durante las lateralidades los contactos varían en función del esquema oclusal de cada sujeto en particular y de acuerdo a protocolos publicados con anterioridad.⁽²³⁹⁾

IV.1 Medición radiológica del nivel óseo.

Tras el cementado definitivo de la prótesis se realizó un examen radiográfico para la evaluación del nivel óseo perimplantario, dicha exploración se repitió al cabo de un año. Para ello se han utilizado dos métodos de medición:

Material y método

1. **Método 1:** La exploración radiológica se realizó con radiografías periapicales (Kodak Ultraspeed size II Dental Film, Eastman Kodak, Rochester, USA) de tamaño 30,5 × 40,5 mm, con el dispositivo de radiología dental Siemens Heliodent MD modelo X1744 (Sirona Dental Systems GmbH D-64625, Bensheim Germany) configurado a 70 Kv y 7 mA. La radiografía fue tomada mediante la técnica paralela con cono largo utilizando un posicionador (X-ray Holders KerrHawe SA, CH-6934 Bioggio, Switzerland) que situó a la película radiográfica paralela al eje largo del implante y perpendicular al cono central de rayos X. En el posicionador se colocó un registro de mordida realizado con silicona de consistencia masilla (Aquasil Soft Putty/Regular Set, Dentsply DeTrey GmGH 78467 Konstanz, Germany) donde el paciente dejó la huella de las caras oclusales de los dientes y lo que posibilita la repetición en la misma situación espacial de la radiografía de control que se realizará en la segunda evaluación al cabo de un año (figura 14).
2. **Método 2:** En aquellos casos en los que no fue posible la realización de la técnica paralela debido a los condicionantes anatómicos (catorce de las exploraciones radiográficas realizadas, específicamente a nivel de los molares superiores por la morfología del paladar y la imposibilidad del uso del posicionador), se realizó la técnica paralela modificada. Esta modificación de la técnica consistió en la utilización de radiografías pediátricas (Kodak Ultraspeed size 0 Dental Film, Eastman Kodak, Rochester, USA) y un registro de mordida con silicona de consistencia masilla (Aquasil Soft Putty/Regular Set, Dentsply DeTrey GmGH 78467 Konstanz, Germany) donde el paciente dejó las huellas de las caras oclusales. La radiografía se posicionó en el centro del cuello del implante y el cono de rayos X perpendicular a la placa (figura 15). Dicha técnica permite el posicionamiento de la placa radiográfica debido a su menor

Material y método

tamaño y aunque no es posible obtener la imagen del implante en su totalidad, es muy sencillo captar con seguridad el área del cuello del implante que es la zona crítica donde se realizan las mediciones, además el uso de un registro de mordida nos permite el reposicionamiento de otras placas en sucesivas exploraciones radiológicas. Para la utilización de esta técnica con anterioridad se realizó un estudio de la precisión, encontrándose dentro de los límites normales en las habituales técnicas de medición radiológica (anexo I).

Figura 14: Exploración radiológica método 1.



Material y método

Figura 15: Exploración radiológica método 2.



Cada radiografía fue fotografiada mediante la cámara Nikon D1 (Nikon Corporation, Tokio, Japan), que almacenó las imágenes en su tarjeta (Digital Media CompactFlash™, Tokio, JAPAN) con capacidad de 128 MB. El objetivo utilizado fue el Nikon ED: AF micro Nikkor 70-180 mm, 1:4,5-5,6 D (Nikon, Japan) y un anillo Nikon Teleconverter TC-201 2x para permitir duplicar la distancia. Se aplicó una fuente de luz reproducible mediante el flash circular Macro Speedlight SB-29 (Nikon, Tokio, Japan).

El enfoque se realizó manualmente, en la posición 180 mm. Se empleó un área de enfoque ponderada central. El modo de disparo fue foto a foto con calidad de imagen fina, empleando una memoria de 1,3 MB en cada fotografía (sensibilidad equivalente a ISO 400). El flash se empleó de modo automático programado en posición ON, $M^{(1/4)}$.

Material y método

Todas las radiografías fueron procesadas en un procesador Hewlett Packard (Intel® Core™ Duo, Inside™). Las radiografías fueron digitalizadas transformando la densidad óptica a 256 niveles de escala de grises. Para el proceso digital, manipular las imágenes radiográficas y llevar a cabo las mediciones de hueso adyacente a las caras mesial y distal del implante, se utilizó un programa de medición de imagen, NHI Image (Wayne Rasband, U.S. National Institutes of Health), disponible electrónicamente vía internet, zippy.nimh.nih.gov (“National Technical Information Services, Springfield, VA 22161, part number PB93-504868).

En el programa NHI Image se calibró cada radiografía para proceder de forma más exacta a la medición de la distancia entre el primer punto de contacto hueso-implante y el hombro del implante, tanto en mesial como en distal; para ello se ha tomado como calibración una esfera de 2 mm de diámetro que se situó en cada radiografía cerca de la zona a estudiar. Tres observadores definieron los puntos de referencia, en el hueso y en el implante, para realizar la medición y se buscó el consenso entre dos o más observadores. Si las tres opiniones eran diferentes se consideró imposible la medición y se descartó del estudio. A continuación un observador independiente realizó la medición (figuras 16, 17 y 18).

Material y método

Figura 16: Medición de la distancia entre el hombro del implante y el primer contacto hueso-implante.

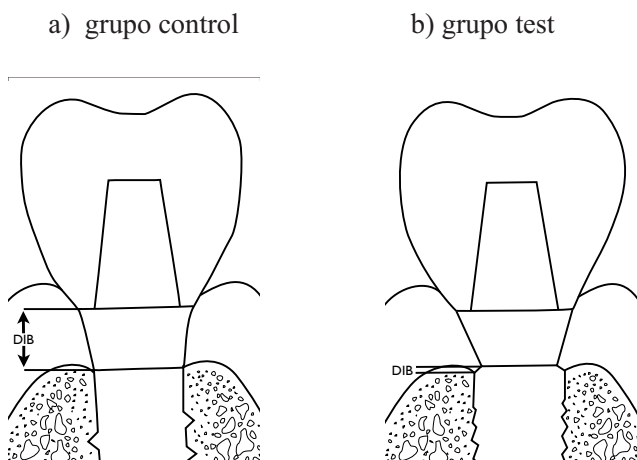


Figura 17: Medición radiológica grupo control.

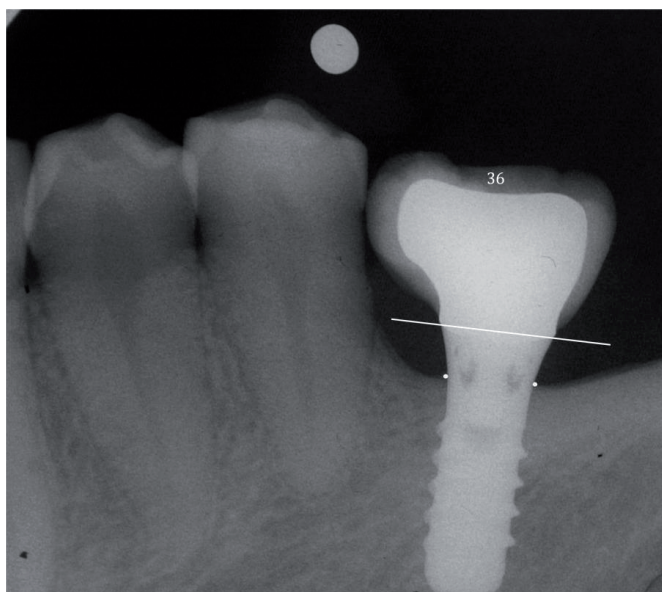
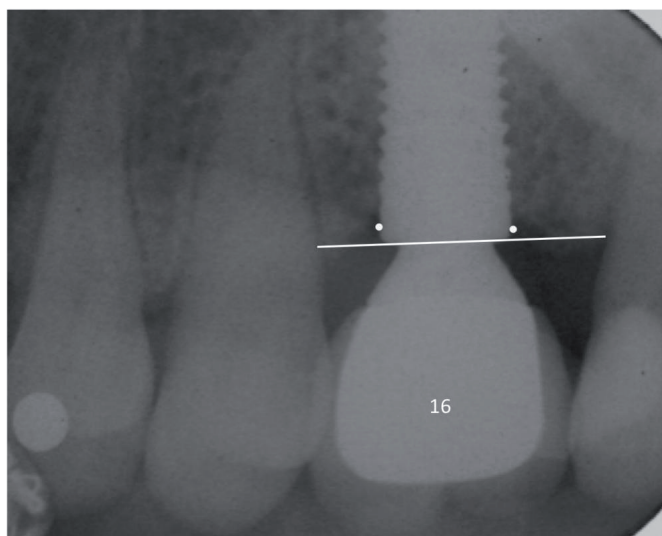


Figura 18: Medición radiológica grupo test.



IV.2 Valoración del método radiológico de medición.

Para validar los dos métodos radiológicos se ha realizado el estudio de los dos grandes tipos de errores experimentales, es decir el error de azar o aleatorio o precisión del método y por otra parte el error sistemático o sesgo o exactitud del método.

Para el estudio de la precisión se han realizado mediciones de la altura ósea perimplantaria en el mismo paciente mediante los dos métodos. Dos radiografías se obtuvieron con la utilización del método 1 y 2 para un total de 28 implantes. A continuación se escanearon (Hewlett-Packard ScanJet 4 C/T, Boise, ID) y se digitalizaron en un ordenador Hewlett Packard (Intel® Core™ Duo, Inside™). Las imágenes fueron almacenadas en formato bmp utilizando 256

Material y método

escala de grises y se interpretaron mediante el NIH Image (Wayne Rasband, U.S. National Institutes of Health) que fue utilizado para manipular las imágenes y realizar las mediciones. Dichas mediciones se realizaron entre el primer punto de contacto hueso-implante y el hombro del implante, tanto en mesial como en distal (el número total de mediciones fueron 56).

Para valorar el error sistemático o sesgo, se ha analizado la influencia que presenta la correcta definición de los puntos de referencia a medir; puesto que consideramos que es el factor de mayor trascendencia. Dos radiografías se obtuvieron con la utilización del método 1 y 2 para un total de 28 implantes. El procesado y análisis de las radiografías se realizó con el protocolo anteriormente descrito. Las mediciones realizadas con ambos métodos corresponden a la anchura del implante cuya distancia es conocida de antemano. La exactitud viene dada por la comparación entre la anchura real del implante y la medición obtenida.

IV.3 Medición de los tejidos blandos.

En 15 pacientes del total del grupo test, se estudió la variación de los tejidos blandos a los 15 días del cementado de la prótesis y al cabo de 12 meses. El menor número de sujetos estudiados es debido a que en 11 pacientes no fue posible realizar las fotografías adecuadamente por la localización posterior del implante en boca que impide la proyección perpendicular. El examen fotográfico incluyó al menos un diente adyacente a cada lado de la restauración.

El examen fotográfico se realizó utilizando la misma cámara y bajo las mismas condiciones que para el caso de la valoración del nivel óseo. Cada fotografía estaba centrada y perpendicular a la corona que se evaluó. Todas la

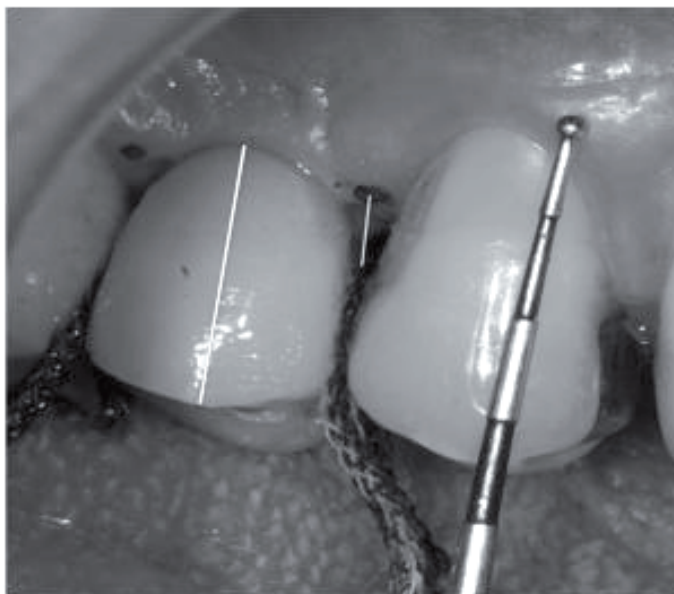
fotografías fueron realizadas por el mismo operador y fueron procesadas en un ordenador Hewlett Packard (Intel® Core™ Duo, Inside™). Las fotografías no se alteraron en sus dimensiones.

Los parámetros de medición fueron dos:

1. Medición de la distancia desde el punto de contacto de la corona protética al punto más coronal de la papila interdental: para la correcta definición de la situación precisa del punto de contacto se utilizó hilo de retracción (Ultrapak # 000, South Jordan, Utah, USA) que se insertó en los espacios interproximales de la corona implanto retenida hasta que se produjo la tensión del mismo al hacer tracción hacia oclusal. A continuación, se definió el punto más coronal de la papila interdental mediante un rotulador permanente (Lumonocolor NR 18-3, Staedtler, Germany). De esta forma quedaron definidos nítidamente los dos puntos entre los cuales se produjo la medición (figura 19).
2. Medición de la longitud ápico-coronal de la corona: las mediciones han sido realizadas a partir de una vertical que transcurre desde el punto más apical del surco gingival a una tangente que se traza en los bordes incisales o cúspides adyacentes a la restauración, el objetivo de esta medición es valorar la posible retracción gingival (figura 19).

Material y método

Figura 19: Mediciones de tejido blando.



La medición se realizó utilizando el mismo programa que para el caso de la valoración del nivel óseo y se calibró cada fotografía para proceder de forma más exacta a la medición. Para ello se tomó como calibración la sonda periodontal con bandas de una anchura de 3 mm (Bontempi, Germany) y de modo similar a la valoración ósea tres observadores en consenso definieron los puntos de referencia para la medición. Las mediciones de las distancias fueron realizadas por un examinador independiente.

IV.4 Análisis estadístico.

IV.4.1 Análisis estadístico de la precisión del método.

Las diferencias entre las mediciones de las dos técnicas han sido evaluadas utilizando test para datos pareados. En el caso de que la distribución de los datos haya sido normal, se ha utilizado el test t-Student y en el caso contrario el test de Wilcoxon. Para los contrastes de normalidad se ha seleccionado el test de Shapiro-Wilks.

Inicialmente, se utilizó un modelo de regresión lineal para evaluar los efectos principales. A continuación, el efecto de las diferencias en los niveles de los factores en el modelo fue analizado mediante la técnica ANOVA de dicho modelo. Se aplicaron transformaciones logarítmicas a los datos para obtener normalidad y homocedasticidad.

Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas para valores de p menores que ,05. El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el software R₍₁₎ (www.r-project.org, version 2.11.1).¹

Los datos obtenidos con los dos métodos se analizaron a partir de su diferencia. Calculando, sobre dicha diferencia, la media, el rango y el porcentaje de valores entre $\pm 0,25$ mm, $\pm 0,50$ mm y $\pm 1,0$ mm, así como la precisión, dada en función de la desviación típica (DE).

¹ R Development Core Team, 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org>

Material y método

$$(DE = \sqrt{\frac{\Sigma(\text{differences})^2}{2n}})$$

IV.4.2 Análisis estadístico de la medición del nivel óseo.

Inicialmente, se han creado las variables E (variación del nivel óseo anual en el grupo control) y F (variación del nivel óseo anual en el grupo test) del siguiente modo: en primer lugar hemos definido la variable $E=B-A$, donde B es la medición de la altura ósea al año de seguimiento de los implantes del grupo control y A es la medición de la altura ósea en el momento del cementado de la corona sobre los implantes del grupo control; y en segundo lugar hemos definido la variable $F=D-C$ donde D es la medición de la altura ósea al año de seguimiento de los implantes del grupo test y C es la medición de la altura ósea en el momento del cementado de la corona sobre los implantes del grupo test. Se ha realizado un análisis descriptivo del conjunto de los datos.

A continuación, se han valorado las diferencias entre los dos tiempos (inicio y final del estudio), utilizando tests para datos pareados. En caso de existir distribución normal en los valores de la diferencia, se ha utilizado el test t-Student y en caso contrario, el test de Wilcoxon. Para los contrastes de normalidad se ha seleccionado el test de Shapiro-Wilks.

Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$. El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el software $R_{(1)}$ (www.r-project.org, version 2.12.2).²

²R Development Core Team, 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org>

IV.4.3 Análisis estadístico de la medición de tejidos blandos.

Inicialmente, se ha creado la variable diferencia, que mide la alteración en la medición del nivel del tejido blando entre los 15 días postcementado y al cabo de 1 año. Se ha realizado un análisis descriptivo del conjunto de datos.

A continuación, se han valorado las diferencias entre los dos tiempos (inicio y final del estudio), utilizando tests para datos apareados. En el caso de existir normalidad en la distribución de los datos de la diferencia, se ha utilizado el test t-Student y en el caso contrario el test de Wilcoxon. Para los contrastes de normalidad se ha seleccionado el test de Shapiro-Wilks.

Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$. El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el Software R₍₁₎ (www.r-project.org, version 2.11.1).³

³ R Development Core Team, 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org>

V. RESULTADOS.

V.1 Resultados de la precisión del método radiológico de medición.

Los datos obtenidos sobre la precisión del método en la medición de los niveles de hueso perimplantario en relación al cuello del implante con ambos métodos fueron:

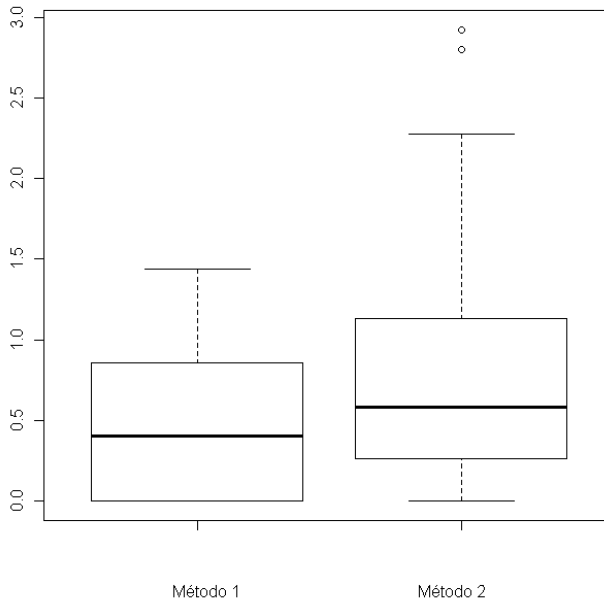
- Método 1: media 0,48 mm, con un rango 0,00 - 1,44 mm, y la precisión fue 0,43 mm.
- Método 2: media 0,74 mm, con un rango 0,00 - 2,92 mm, y la precisión fue 0,66 mm.
- La mediana de las diferencias entre ambos métodos fue -0,18 mm, rango intercuartílico (RI) 0,58; 41,1% de los valores estaba entre $\pm 0,25$ mm, 69,7% estaba entre $\pm 0,50$ mm y 92,9% estaba entre ± 1 mm. La diferencia entre los niveles de hueso utilizando el método 1 fueron estadísticamente significativos comparados con el método 2 ($p \leq 0,001$), (tabla IV) (figura 20).

Resultados

Tabla IV: Resultados de las mediciones a mesial y distal de la distancia entre el cuello del implante y el punto de contacto hueso-implante (mm).

	Método 1	Método 2
Media \pm DE	0,48 \pm 0,43	0,74 \pm 0,66
Mediana \pm RI	0,41 \pm 0,85	0,58 \pm 0,85
Mínimo	0,00	0,00
Máximo	1,44	2,92
Media de la diferencia \pm DE	-0,26 \pm 0,39	
Mediana de la diferencia \pm RI	-0,18 \pm 0,58*	
Mínimo de la diferencia	-1,96	
Máximo de la diferencia	0,61	
Diferencias entre \pm 0,25 mm	0,41 (41,1%)	
Diferencias entre \pm 0,50 mm	0,69 (69,7%)	
Diferencias entre \pm 0,75 mm	0,87 (87,5%)	
Diferencias entre \pm 1 mm	0,92 (92,9%)	
$p \leq 0,001$		

Figura 20: Diagrama de cajas de la medición del nivel óseo perimplantario con el método 1 y el método 2.



En cuanto a los datos obtenidos con respecto a la exactitud del método en la medición del diámetro del implante con ambos métodos fueron:

- Método 1: media 4,06 mm, la media de las diferencias fue -0,04 mm con un rango de -0,31 a 0,14 mm. La precisión fue de 0,08 mm. El 92,9% de los valores estaban entre una diferencia de $\pm 0,25$ mm y el 100% estaba entre $\pm 0,5$ mm.
- Método 2: media 4,18 mm, la media de las diferencias fue 0,08 mm con un rango de -0,26 a 0,63 mm. La precisión fue de 0,13 mm. El 92,9% de los valores estaban entre $\pm 0,25$ mm y el 96,4% estaban entre $\pm 0,5$ mm. La

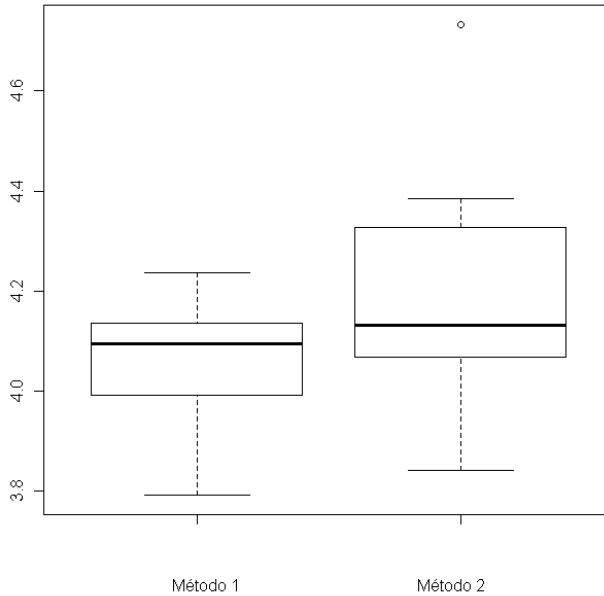
Resultados

diferencia entre la anchura del cuello del implante utilizando el método 1 fue estadísticamente significativo comparándolo con el método 2 ($p=0,002$), (tabla: V) (figura 21).

Tabla V. Medición de la anchura del cuello del implante con los métodos radiológicos 1 y 2 (mm).

	Método 1	Método 2
Media \pm DE	4,06 \pm 0,08	4,18 \pm 0,13
Media de las diferencias \pm DE	-0,04 \pm 0,08	0,08 \pm 0,13
Mediana de las diferencias \pm RI	-0,006 \pm 0,14	0,03 \pm 0,25
Mínimo de las diferencias	-0,31	-0,26
Máximo de las diferencias	0,14	0,63
DE	0,08	0,13
Media de la diferencia entre ambos métodos \pm DE	-0,12 \pm 0,16*	
Mediana de la diferencia entre ambos métodos \pm RI	-0,08 \pm 0,27	
Mínimo de la diferencia entre ambos métodos	-0,60	
Máximo de la diferencia entre ambos métodos	0,19	
Diferencias entre \pm 0,25 mm	0,92 (92,9%)	0,92 (92,9%)
Diferencias entre \pm 0,50 mm	1 (100%)	0,96 (96,4%)
Diferencias entre \pm 0,75 mm	1 (100%)	1 (100%)
Diferencias entre \pm 1 mm	1 (100%)	1 (100%)
$p \leq 0,001$		

Figura 21: Diagrama de cajas de la medición de la anchura del cuello del implante con el método 1 y el método 2.



V.2 Resultados de las mediciones del nivel óseo.

1. La medición de la pérdida ósea en los implantes restaurados con plataforma estándar ofrece los siguientes resultados: sobre un total de 50 mediciones en postcementado inmediato, la pérdida ósea media fue 1,81 mm (rango 1,48 – 2,21 mm), DE 0,18.

Al cabo de un año, la media fue 2,23 mm (rango 1,74 – 2,72 mm), DE 0,22. La media de la diferencia entre ambas mediciones fue 0,42 mm, DE 0,11. La diferencia entre las dos mediciones fue considerada estadísticamente significativa ($p < 0,001$), (tabla VI).

Resultados

Tabla VI: Medición del nivel óseo en implantes restaurados con plataforma estándar (mm) (n=50).

	Postcementado	1 año
Media \pm DE	1,81 \pm 0,18	2,23 \pm 0,22
Mediana	1,79	2,20
Mínimo	1,48	1,74
Máximo	2,21	2,72
1° Qu.	1,67	2,04
3° Qu.	1,95	2,38
Media de la diferencia	0,42*	
Mediana de la diferencia	0,41	
Mínimo de la diferencia	0,18	
Máximo de la diferencia	0,61	
1° Qu. diferencia	0,34	
3° Qu. diferencia	0,50	
Desviación estándar de la diferencia	0,11	

* $p \leq 0,001$

- La medición de la pérdida ósea en los implantes restaurados con plataforma estrecha ofrecen los siguientes resultados: sobre un total de

116 mediciones en postcementado inmediato, la pérdida ósea media fue 0,72 mm (rango 0,00 - 5,43 mm), DE 0,85.

Al cabo de un año, la media fue 0,68 mm (rango 0,00 – 5,65 mm), DE 0,88. La mediana de la diferencia entre ambas mediciones fue -0,01 mm, RI 0,50. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos mediciones ($p=0,174$), con un intervalo de confianza del 95% para la media de la diferencia (tabla VII).

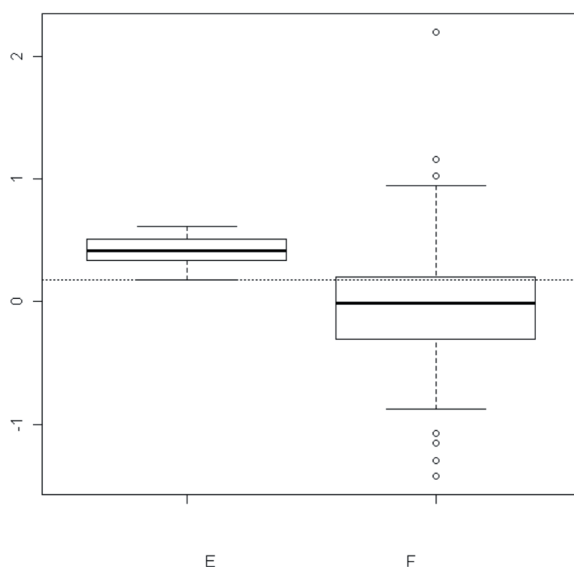
Tabla VII. Medición del nivel óseo en implantes restaurados con plataforma estrecha (mm) (n=116).

	Postcementado	1 año
Media \pm DE	0,72 \pm 0,85	0,68 \pm 0,88
Mediana	0,48	0,46
Mínimo	0,00	0,00
Máximo	5,43	5,65
1° Qu.	0,14	0,00
3° Qu.	1,09	0,92
Media de la diferencia	-0,04	
Mediana de la diferencia	-0,01	
Mínimo de la diferencia	-1,42	
Máximo de la diferencia	2,20	
1° Qu. diferencia	-0,30	
3° Qu. diferencia	0,20	
Desviación estándar de la diferencia	0,50	

Resultados

3. Se puede afirmar así, que el 74% de la muestra de los implantes restaurados con plataforma estrecha (F) está por debajo del mínimo (0,18 mm) de la muestra de los implantes restaurados con plataforma estándar (E). Casi el 75% de los valores de pérdida ósea en la plataforma estrecha (rango: -1,42 - 2,20 mm) mejoran respecto a la plataforma estándar (rango: 0,18 - 0,61 mm). Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ambas medidas ($p < 0,001$), (figura 22).

Figura 22: Representación de las medias de las mediciones de los implantes restaurados con plataforma estándar (E) y plataforma estrecha (F).



V.3 Resultados de las mediciones de tejidos blandos.

1. Medición de la distancia desde el punto contacto de la corona protética al punto más coronal de la papila interdental: se realizaron 47 mediciones en

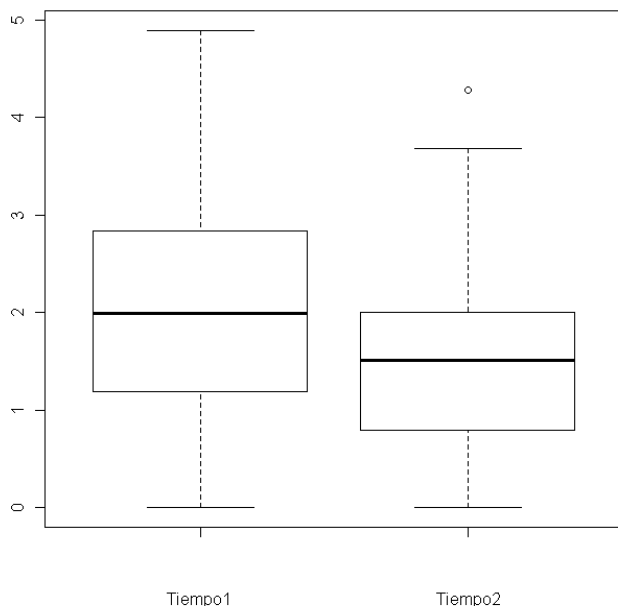
los 15 días posteriores al cementado, la distancia media fue 2,09 mm (rango 0,00 – 4,90 mm), DE 1,32. Al cabo de un año, la media fue 1,54 mm (rango 0,00 – 4,28 mm), DE 1,07. La mediana de la diferencia entre ambas mediciones fue -0,36 mm, RI 0,98; la diferencia entre las dos mediciones fue considerada estadísticamente significativa ($p < 0,001$) (tabla VIII) (figura 23).

Tabla VIII: Distancia desde el punto contacto de la corona protética al punto más coronal de la papila interdental (mm) (n=47).

	15 días postcementado	1 año
Media ± DE	2,09 ± 1,32	1,54 ± 1,07
Mediana	1,99	1,51
Mínimo	0,00	0,00
Máximo	4,90	4,28
1º Qu.	1,19	0,79
3º Qu.	2,84	2,01
Media de la diferencia	-0,54	
Mediana de la diferencia	-0,36*	
Mínimo de la diferencia	-1,81	
Máximo de la diferencia	0,61	
1º Qu. diferencia	-0,98	
3º Qu. diferencia	0,00	
Desviación estándar de la diferencia	0,60	
p ≤ 0,001		

Resultados

Figura 23: Diagrama de cajas de la distancia del punto de contacto de la corona a la papila a los 15 días postcementado inmediato (tiempo 1) y al cabo de un año (tiempo 2).

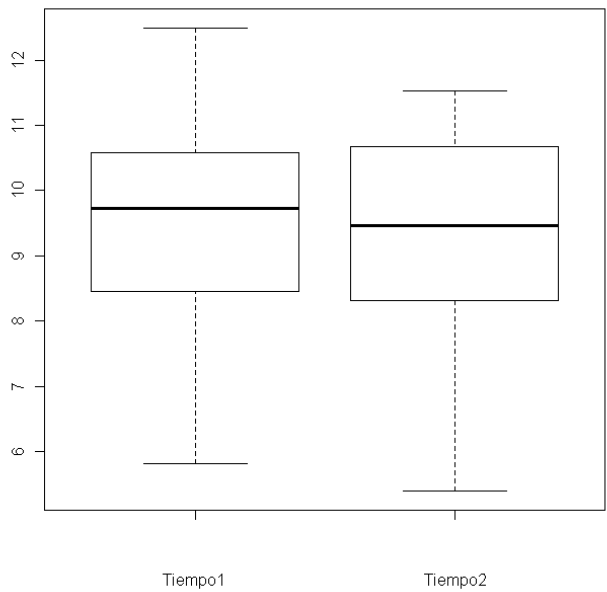


- Medición de la longitud ápico-coronal de la corona: se realizaron 26 mediciones a los 15 días postcementado, la longitud media fue 9,44 mm (rango 5,81 – 12,50 mm), DE 1,71. Al cabo de un año, la longitud media fue 9,28 mm (rango 5,39 – 11,52 mm), DE 1,75. La media de la diferencia entre ambas mediciones fue -0,16 mm, DE 0,78. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos mediciones ($p=0,259$), con un intervalo de confianza del 95% para la media de la diferencias (-0.151, 0.479) (tabla IX) (figura 24).

Tabla IX. Medición de la longitud ápico-coronal de la corona (mm) (n=26).

	15 días postcementado	1 año
Media ± DE	9,44 ± 1,71	9,28 ± 1,75
Mediana	9,73	9,47
Mínimo	5,81	5,39
Máximo	12,50	11,52
Media de la diferencia	-0,16	
Mediana de la diferencia	-0,17	
Mínimo de la diferencia	-2,19	
Máximo de la diferencia	0,93	
Desviación estándar de la diferencia	0,78	

Figura 24: Diagrama de cajas de la longitud ápico-coronal a los 15 días postcementado (tiempo 1) y al cabo de un año (tiempo 2).



VI. DISCUSIÓN.

La Conferencia del Instituto Nacional de la Salud de los Estados Unidos (National Institutes of Health Consensus Development Conference statement on dental implants)⁽⁴¹⁾ en 1988 hizo hincapié sobre la necesidad de estudios clínicos a largo plazo para comparar los resultados obtenidos en los diferentes tipos de implantes bajo condiciones similares a aquellos resultados que ya se habían encontrado en las clínicas dentales. Dentro de las evaluaciones que habitualmente se realizan, los niveles de hueso estables son utilizados como criterio de éxito de un implante ya que la pérdida de hueso puede llevar a una perimplantitis y a una eventual pérdida del mismo. En una revisión sistemática del año 2011,⁽²⁴⁰⁾ la pérdida de hueso radiográfica alrededor del cuello del implante se considera como el parámetro más fiable probado en la perimplantitis. Dada la carencia de extensos y fundamentados estudios de pérdida de hueso crestral, en la citada Conferencia, se sugiere que en futuros estudios se incluya la evaluación longitudinal de los cambios radiográficos en el soporte óseo. La pérdida ósea y la influencia potencial del diseño del implante sobre el mantenimiento del hueso perimplantario, ha sido preocupación constante desde el inicio de la implantología. Hay que reseñar además que no existe un consenso mundial sobre la cuantificación de los cambios en la cresta ósea y que, no es posible definir qué cambios representan límites aceptables de pérdida ya que una excesiva pérdida es problemática para cualquier sistema de implantes.

Muchos estudios han discutido la anatomía, fisiología, histología, y embriología del hueso en la cavidad oral,⁽²⁴¹⁻²⁴⁵⁾ así como, la biología de la respuesta del hueso crestral en relación con los implantes dentales y con la respuesta ósea en la interfase hueso-implante,⁽²⁴⁶⁾ dependiendo del tipo de hueso presente en el lugar del implante.⁽²⁴⁷⁾ En general, la mayoría de los estudios miden la pérdida ósea desde la cementación a un periodo específico de seguimiento. En 1986, Albrektsson y cols.⁽¹⁴⁾ fueron los primeros autores en

Discusión

establecer los criterios de éxito en los implantes dentales, entre los cuales se incluyó la medición de la pérdida ósea. Estos autores sugieren que la pérdida debería ser menor que 0,2 mm anualmente desde el primer año de carga de la prótesis dental aunque tampoco existe un acuerdo generalizado. Schnitman y Shulman⁽³⁷⁾ sugieren como criterios de éxito para el implante una pérdida de cresta ósea menor de un tercio del implante. Un criterio similar fue propuesto más tarde por Smith y Zarb.⁽⁴⁰⁾ Malmqvist y Sennerby⁽²⁴⁸⁾ publicaron que la pérdida vertical de hueso crestral puede ser tan elevada como 2 mm y que algunos implantes tienen pérdidas mayores que un tercio de la longitud del implante. Diferentes cantidades de pérdida ósea han sido publicadas para varios diseños de implantes y características de las superficies.⁽¹⁰²⁾ Un estudio de Ellegaard y cols.⁽¹⁷⁷⁾ evaluaron dos sistemas de implantes utilizando como criterio de éxito una pérdida de hueso crestral menor que 1,5 mm después de 3 años de función y encontraron que sólo del 76% al 86% de los implantes pueden ser clasificados como “exitosos”. Sin embargo, variando el criterio del nivel de pérdida ósea a una cifra menor que 3,5 mm, el éxito de los implantes se incrementaba entre 93% y 100%, es evidente que variar el nivel de pérdida ósea implica una gran diferencia en la obtención de resultados exitosos. La pérdida ósea ha sido publicada para un rango desde 0,5 mm a 2 mm como límite superior en el primer año tras la colocación del implante.^(98, 177)

Es evidente que aparecen descritos en la literatura diferentes criterios de las pérdidas de hueso aceptables como normales en función del sistema de implantes y de los períodos de tiempo estimados. Por lo tanto, por un lado, la valoración radiológica del hueso crestral es básica en la estimación de criterios de éxito en implantología,⁽²⁴⁰⁾ y por otro lado, es de crucial importancia establecer valores medios de pérdida ósea según el tipo, morfología y características de superficie implantaria. Estos valores de referencia serían útiles tanto desde la colocación del implante, como en la cementación de la prótesis y durante los

periodos posteriores, primer y segundo año sucesivamente. A pesar de la falta de consenso, los valores generalmente aceptados como guías razonables para la pérdida ósea son: 1,5 mm para el primer año postcarga de la prótesis y menos de 0,2 mm de pérdida adicional para cada año de seguimiento.^(14, 40)

En un principio, la utilización de radiografías para determinar la pérdida de hueso crestal entre la colocación del implante y su descubrimiento a la cavidad oral, no era extensamente realizada porque preocupaba que la radiación pudiera dañar la maduración del nuevo hueso durante el proceso de cicatrización.⁽²⁴⁹⁻²⁵¹⁾ En la actualidad no representa ningún inconveniente y es usual realizar mediciones directas de pérdida ósea entre el tiempo de colocación del implante y la conexión del aditamento, para determinar la cantidad de pérdida de hueso crestal. Durante el periodo de seguimiento, el método más común de medición de la reabsorción de cresta ósea es el uso de series radiográficas a lo largo del tiempo, generalmente de modo anual.

Antes de la aparición de las terapias con implantes, el estudio de la pérdida ósea a lo largo del tiempo mediante estudios radiológicos en la enfermedad periodontal representó un problema con muchas similitudes. Con dientes naturales, la unión cemento-esmalte es realmente visible y la altura de cresta ósea está a 1 - 1,5 mm de esta unión. En el caso de los implantes dentales, esta unión no está presente y es preciso utilizar otras referencias, de esta manera se desarrollaron distintos sistemas para uso en estudios clínicos y facilitar así el proceso de medición, al mismo tiempo que ofrecer una solución a los problemas de radiografías no estandarizadas:⁽²⁵²⁻²⁵⁴⁾ reglas, calibradores, anotación de las espiras supracrestales conociendo la distancia inter-espira, comparaciones ópticas, y mediciones por ordenador, han sido utilizados para medir los niveles de hueso proximal a los implantes orales.^(51, 255-257) Muchos estudios clínicos publicados sobre implantes orales incluyen medidas radiográficas del nivel

Discusión

óseo,^(44, 68, 258-260) sin embargo las técnicas de imagen y las técnicas de medición no están a menudo estandarizadas. De este modo, han aparecido en la literatura diferentes intentos para minimizar los errores de medición: Meijer y cols.⁽²⁶¹⁾ analizan las radiografías utilizando un sistema de análisis de imágenes, Weber y cols.⁽⁶⁶⁾ desarrollaron un sistema digitalizado para la evaluación periodontal de los dientes naturales que posteriormente modifican para medir la distancia del hombro del implante al primer contacto entre hueso-implante; el análisis de la reproducibilidad de las mediciones revela una desviación estándar entre 0,08 mm y 0,16 mm. Para evitar la necesidad de una estricta estandarización de los procedimientos radiográficos, Reddy y cols.⁽²⁶²⁾ desarrollaron un método para la medición del hueso de soporte alrededor de los implantes: una rejilla de dimensiones conocidas se proyecta sobre el implante cubriendo tanto el cuello como la base. La rejilla tiene en cuenta la distorsión tanto horizontal como vertical de la imagen radiográfica permitiendo corregir los defectos. La precisión de este sistema es de $0,19 \pm 0,07$ mm en una situación *in vitro*. La fiabilidad de un programa informático para medir los niveles de hueso próximos a los implantes orales ha mostrado ser superior al usar un cristal de magnificación o una escala de medición.⁽²⁵⁵⁾ Sewerin⁽⁵⁹⁾ constata que “*a pesar de los variados intentos de estandarizar la proyección la pérdida de hueso anual informada no difiere significativamente de los resultados obtenidos con un método de libre elección o por medio de mediciones en serie*”.

Las radiografías han sido ampliamente utilizadas en el último siglo como un método diagnóstico no invasivo para ayudar a definir la pérdida ósea alveolar alrededor de los dientes y/o de los implantes.⁽²⁶³⁾ Las radiografías periapicales solamente permiten examinar los niveles de cresta ósea de forma precisa en la zona mesial y distal de un implante si se aplica una proyección geométrica adecuada.^(59, 60, 264-267) En general en los estudios sobre dientes, no sobre los implantes, la precisión no puede ser obtenida si no se aplica la técnica de la

bisectriz. Con la utilización de la técnica del ángulo recto,^(64, 268) la técnica paralela⁽²⁶⁹⁾ y registros oclusales individualizados combinados con la técnica de cono largo,⁽⁷²⁾ los errores de proyección debidos a la angulación pueden ser significativamente disminuidos. Cuando se habla de radiografías periapicales, se debería intentar realizar un alineamiento perfecto de la película radiográfica con el eje del implante para evaluar los patrones de pérdida de hueso crestal (la técnica de ángulo recto combinada con la técnica paralela y un registro de mordida individualizado),⁽⁵⁰⁾ que es la técnica considerada como “gold standard” en la actualidad.

En publicaciones anteriores,^(51, 59) se ha demostrado el riesgo de malinterpretar radiográficamente cambios en la altura de hueso alrededor de los implantes osteointegrados debido a proyecciones distintas a un ángulo de 90° (no perpendiculares al eje longitudinal de la fijación). En un estudio *in vitro* de Sewerin de 1990,⁽⁵⁹⁾ se concluye que la superposición de los márgenes óseos bucal y lingual en radiografías puede ocasionar una sobrestimación de la altura del hueso proximal. Las posiciones relativas de los márgenes de hueso bucal y lingual cambiarán con angulaciones desviadas. Se demostró que, dependiendo de la anchura de la cresta alveolar y la posición bucolingual de la fijación, la distorsión entre los márgenes óseos pueden variar entre 0,1 – 0,25 mm a 1° de angulación y 4,8 mm a 20° de angulación.⁽⁵⁹⁾ Para algún autor una posición del tubo de rayos X dentro de 20° para todas las radiografías consecutivas puede ser válida para conseguir un diagnóstico radiográfico;⁽²⁷⁰⁾ otros autores, sin embargo, concluyen que el límite en el cual se podría malinterpretar una radiografía está entre 5 y 10 grados de angulación.⁽²⁶⁷⁾ A 90° la radiografía periapical es capaz de proporcionar la mayor exactitud en las mediciones con la menor variación de todas las técnicas evaluadas, la distorsión de las imágenes implantarias es mayor cuando la divergencia del cono de rayos X se incrementa desde 90 a 60 grados.⁽²⁶⁵⁾ Por lo tanto, para realizar un diagnóstico correcto, es

Discusión

importante que las radiografías con signos de angulación sean desechadas. Se hace evidente la necesidad de utilización de métodos exactos de estandarización de las técnicas radiológicas para un control longitudinal de los cambios de altura ósea.

Además, varios autores han publicado que los resultados de radiografías periapicales, con respecto al grado de pérdida ósea crestal, infraestiman los resultados de análisis histométricos, que evidentemente no pueden ser usados de manera rutinaria.^(91, 271-275) Una explicación para este fenómeno sería que incluso aunque se utilice una técnica de ángulo recto, una orientación paralela del bloque de mordida (plano de la película) al eje axial del diente o del implante no podrá lograrse siempre, esto ocurre más a menudo en el maxilar debido a una inclinación severa del paladar y/o un paladar bajo. Otra razón podría ser el hecho de que la radiografía periapical muestra de forma superpuesta los dos bordes de la cresta ósea (bucal/lingual), haciendo más difícil identificar el primer contacto hueso-implante debido a su superposición, sobre todo en la mandíbula, resultando en una clara infraestimación del grado de pérdida ósea.⁽⁵⁰⁾ Es decir, cuando evaluamos mediciones radiográficas debemos tener en mente las limitaciones del método, sobre todo en los casos de maxilares superiores demasiado bajos o mandíbulas severamente reabsorbidas que impiden una colocación de la película radiográfica en condiciones estandarizadas. En este estudio dado que se han estudiado, principalmente, restauraciones en el sector posterior ello ha ocurrido en un 15% de las ocasiones en las que hemos tenido que recurrir al método de medición modificado.

En la literatura, hemos encontrado varios criterios de éxito en implantología, usando las mediciones del hueso crestal. Una publicación del grupo de Bränemark⁽⁴³⁾ establece como criterio de éxito una pérdida anual de 0,2 mm después del primer año de carga. Creemos que este criterio de 0,2 mm no se

trata de una medición anual, sino un cálculo retrospectivo de 2 mm en un periodo de 10 años. Los autores no utilizaron un método que podría realmente medir 0,2 mm o menos. Además, existe un error de interpretación porque cuando la pérdida ósea observada se divide en 10 años, se asume que es un proceso continuo y lineal.⁽²⁷⁶⁾ Para Brägger⁽²⁷⁷⁾ una media de pérdida ósea crestal con un rango de 0,9 a 1,6 mm durante el primer año postcirugía fue aceptado como criterio de éxito en implantología. Una media anual de pérdida ósea con un rango de 0,05 a 0,13 mm en el periodo de mantenimiento fue enumerado como el tercer criterio para el éxito de un sistema de implantes. Pero realmente, para una sola comparación del cambio de altura ósea, ningún método detecta una diferencia en el rango de 0,1 mm, que por otro lado, fue descrito como una media aceptable de pérdida por año durante el mantenimiento para un sistema de implantes. Otros autores más recientemente, evaluando los cambios perimplantarios reseñan que la valoración radiográfica del nivel de hueso perimplantario no podrá tener una precisión superior a 0,5 mm cuando el paralelismo no esté garantizado y la distancia foco-objeto sea inferior a 380 mm.⁽⁶³⁾ Moberg y cols.⁽⁷¹⁾ en un artículo donde se analiza la precisión radiográfica en la medición de la distancia entre la corona y el hueso alveolar encuentran una precisión de 0,2 mm con un rango de error de 0,4. A la luz de los trabajos descritos en la literatura, para conseguir unos resultados válidos es necesario realizar las mediciones con métodos precisos, máxime cuando se trata valorar el sector posterior de las arcadas, lugar en el que surgen numerosas dificultades debido a las estructuras anatómicas. Por ello antes de adentrarnos en la fase de valoraciones tisulares perimplantarias hemos considerado oportuno validar las dos técnicas radiológicas que se han utilizado en este estudio. En nuestros resultados en la medición de la pérdida ósea perimplantaria, la precisión con el método 1, es decir, con el método estandarizado fue de 0,439 mm y con el método 2, nuestra técnica modificada, fue de 0,663 mm. Por lo tanto, la precisión es más elevada utilizando la técnica estándar pero con la

Discusión

técnica modificada la precisión no disminuye de manera significativa y además se encuentra entre el rango de valores descritos en la literatura.⁽⁷¹⁾

Hay otras posibles fuentes de error a tener en cuenta en la ejecución de estudios radiológicos. La variabilidad inter e intraobservador ha sido estudiada por Gröndahl y cols.⁽²⁷⁸⁾ sobre la medición del nivel óseo en implantes Bränemark. En sus resultados ofrecen, relativamente, una pequeña variación interobservador (0,14 mm) e intraobservador (0,08 mm), aconsejan que se realicen múltiples lecturas por un observador, e incluso mejor, que sean varios observadores realizando lecturas independientes para incrementar la validez de los estudios. Parecidas recomendaciones hacen Kullman y cols.⁽²⁷⁹⁾ y también Lofthag-Hansen y cols.⁽²⁸⁰⁾ “el resultado del observador es la suma de múltiples errores en el sistema, de los cuales el error de interpretación del observador puede ser el mayor componente, por lo tanto la inclusión de varios observadores es obligado”, este mismo autor sugiere que 7 es el número de observadores adecuados y se apoya en el texto de Swets y Pickett⁽²⁸¹⁾ señalando que poco más se puede añadir al análisis con un número mayor de observadores. Un reciente estudio del nivel de hueso radiográfico usando una magnificación óptica de siete veces, publica una variación inter-observador de 0,14 mm con una variación intraobservador de 0,08 mm midiendo implantes en mandíbulas completamente desdentadas.⁽²⁷⁸⁾ Aunque, de todos modos se han publicado diferentes trabajos con unos rangos amplios de variaciones intraobservador (desviaciones estándar de 0,01 mm a 0,69 mm).⁽²⁸²⁻²⁸⁴⁾ En nuestro estudio para minimizar estos errores, las mediciones se realizaron por tres observadores y cuando dos o más mediciones fueron idénticas se consideraron idénticas. El error intraobservador también varía de acuerdo a la técnica radiográfica utilizada, de este modo, es mayor si las mediciones se realizan con una ortopantomografía (0,25 mm) y mucho menores cuando se usan periapicales convencionales (0,15 mm) o periapicales digitales (0,11 mm), por lo tanto las radiografías periapicales,

convencionales o digitales, son más precisas para la valoración de la pérdida ósea⁽²⁸⁵⁾ y por lo tanto son las que hemos incluidos en este estudio. En general la mayoría de los autores se muestran a favor de la radiografía intraoral sobre todo por la ventaja de mayor detalle de imagen, con una resolución de 10 pares de línea por mm, frente a 4,2 pares de línea del Scanora®, por ejemplo.⁽²⁸⁰⁾ Esta misma opinión es la de otros autores,^(48, 265) pero hay otros estudios contradictorios que no encuentran diferencias a favor de la radiografía intraoral como el de Kullman y cols.⁽²⁸⁶⁾ en donde la diferencia puede residir en la capacidad de los lectores en reconocer los puntos de referencia, o el de Persson y cols.⁽²⁸⁷⁾ pero que se refiere a la valoración de la pérdida de hueso en pacientes periodontales no en implantes. A pesar de todos estos factores unos procedimientos relativamente simples de estandarización como la utilización de un dispositivo paralelizador combinado con un registro de mordida para la reposición exacta de la película radiográfica, pueden reducir considerablemente las discrepancias angulares entre dos exposiciones, lo cual permite una fiable detección de pequeños cambios en la altura del hueso,⁽²⁷⁷⁾ tal y como se ha hecho en este trabajo, tanto utilizando el método estándar como la técnica modificada.

La precisión de la medición del nivel de hueso perimplantario muestra limitaciones metodológicas que pueden dar origen a errores diagnósticos cuando se analizan pequeños cambios en la altura ósea. Estos errores diagnósticos pueden ser debido a la medición y/o alteraciones en la proyección como hemos mencionado anteriormente. Otro tipo de errores son los sistemáticos o sesgos y la principal fuente de error parece ser el reconocimiento de los puntos de referencia en la interfase entre el hueso alveolar y el diente una vez que se siguen métodos estrictos de registro radiográfico.⁽⁷⁴⁾ En cambio si los puntos de referencia son fácilmente localizables, el error debido a la variabilidad intraobservador es casi despreciable como lo demuestra el trabajo de Choi y

Discusión

cols.; en este caso las mediciones radiográficas son de la longitud y anchura de los implantes, como es de suponer, presentan escaso margen de duda para definir los puntos, y se obtienen unas concordancias de medidas excelentes con coeficientes de correlación de 0,83 – 0,87.⁽⁵⁵⁾ Para evitar o minimizar estos errores varios procedimientos estandarizados aparecen en la literatura.^(51, 288) De este modo, aditamentos para estandarizar las series de radiografías están disponibles, por lo que los cambios a nivel mesial y distal de los implantes pueden ser registrados tomando como referencia las espiras de los implantes,⁽²⁸⁹⁾ la exactitud in vitro de este método se ha publicado entre un rango de 0,3 mm.⁽⁵¹⁾ Otro trabajo que estudia la reproducibilidad de la medición de la altura ósea perimplantaria relativa a los puntos de referencia en los implantes, obtuvo una media de la diferencia de 0,26 mm, con una desviación estándar de $\pm 0,5$ mm, la diferencia más extrema fue de 2,6 mm.⁽⁵⁷⁾ En nuestro trabajo hemos valorado la exactitud al medir la anchura del implante, por lo que se elimina la distorsión producida por una incorrecta definición de los puntos de referencia, la precisión que hemos encontrado fue de 0,08 con el método estándar y 0,13 con el método propuesto, es decir, los valores encontrados son muy próximos a los reales. Aunque es mayor con la técnica estándar que con la técnica modificada, la precisión es muy elevada para ambos métodos y con una exactitud suficiente para su utilización en clínica. Por ello, parece una interpretación razonable afirmar que la mayor parte de las inexactitudes en las mediciones del nivel óseo en el presente estudio se deben principalmente a la dificultad de reconocer los puntos de referencia en el hueso alveolar.

Muchos estudios clínicos presentan severas lagunas en la medición de la pérdida de hueso crestal alrededor de los implantes dentales endoóseos entre la colocación y la conexión del aditamento, puesto que no miden la cantidad de hueso crestal perdido durante el periodo de cicatrización (desde la colocación al descubrimiento), así como para el periodo desde el descubrimiento a la carga de

la prótesis. La pérdida ósea durante este periodo está probablemente asociada con el trauma quirúrgico durante la preparación del lecho del implante. Porque esta pérdida no está causada por un diseño específico del implante, es necesario diferenciarla de la pérdida causada por el implante que son las mediciones de control habituales, comenzando desde la colocación de la prótesis y carga del implante a las consecutivas revisiones anuales, diferenciando entre el primer año de funcionamiento y los consecutivos,⁽¹⁸⁹⁾ lo cual ha sido uno de los objetivos en este estudio.

Varios estudios radiográficos longitudinales indican que la pérdida de hueso crestal alrededor de la parte lisa sumergida de los implantes está alrededor de 0,9 mm a 1,6 mm en el primer año de carga. Después del primer año, ocurre una pérdida de hueso crestal anual de aproximadamente 0,05 mm a 0,13 mm.^(43, 44, 82, 87, 89, 284, 290-293) Estos hallazgos son tan consistentes que las mediciones de 1,5 mm y menos durante el primer año, y las mediciones menores que 0,2 mm para todos los años siguientes han sido criterio de éxito para los implantes endoóseos en general.^(14, 40) Berglundh y cols.⁽¹¹¹⁾ concluyen que: “tanto en el diente como en el implante, las células apicales del epitelio de unión terminan aproximadamente de 1,0 mm a 1,5 mm más coronal a la cresta de hueso alveolar...” La pérdida ósea hallada radiográficamente de 1,5 mm alrededor de la superficie lisa del implante sumergido, era debida a un microgap como confirma Weber y cols.⁽⁹³⁾ utilizando implantes sumergidos experimentalmente. Estos autores demostraron que existía un microgap en los implantes sumergidos que se encontraba más hacia apical que aquellos no-sumergidos (la media para implantes sumergidos era de $1,71 \pm 0,13$ mm comparado con implantes no sumergidos que estaba en $1,18 \pm 0,27$ mm). Estos hallazgos fueron confirmados también por Hürzeler y cols.⁽²⁹⁴⁾ El estudio de Cochran y cols.⁽¹⁵⁴⁾ indica que las dimensiones y relaciones de la unión implanto-gingival en implantes no-sumergidos son similares a los tejidos dento-gingivales. Por lo

Discusión

tanto, ambas uniones tienen relativamente similares dimensiones fisiológicas. Las mediciones de los tejidos son semejantes para condiciones de carga como de no carga de los implantes. Chou y cols.⁽¹⁸⁹⁾ publican un estudio donde realizan mediciones del nivel óseo en distintos periodos de seguimiento y ofrecen una visión general de los cambios óseos a lo largo del tiempo. Para estos autores, desde que se coloca el implante hasta que se descubre, la pérdida ósea es de 0,70 mm debido al trauma quirúrgico en el momento de la colocación del implante y no al diseño del mismo; así mismo encuentran que se incrementa la pérdida ósea en 0,11 mm (total de 0,81 mm) entre el periodo de colocación del aditamento hasta la carga de la prótesis. La cantidad de la pérdida ósea crestal durante el periodo de carga de 12 meses fue 0,15 mm; por lo tanto se encuentra dentro de los 0,2 mm de los protocolos de carga descritos, en general, para cualquier sistema de implantes. Para el periodo de 24 meses de carga la media de pérdida ósea fue 0,48 mm lo que representa un incremento de pérdida de hueso anual ligeramente mayor de 0,2 mm. A los 36 meses la pérdida ósea se incrementó a 0,65 mm. La media de la pérdida ósea está comprendida dentro del rango considerado para que un implante sea exitoso desde un punto de vista clínico. Las radiografías tomadas a los 36 y 48 meses postcarga, no demuestran ningún cambio clínicamente significativo en la cantidad de pérdida ósea crestal. Por lo tanto concluyen que hay pérdida ósea entre la cirugía y la colocación del aditamento. El diseño final de la prótesis, la edad del paciente, el estado de salud, el uso del tabaco, la densidad ósea, el tipo de incisión en la colocación del implante, y la conexión del aditamento no producen diferencias significativas en la cantidad de pérdida ósea.

En la literatura hay una gran cantidad de artículos publicados sobre la reabsorción ósea alrededor de los implantes con plataforma estándar, como los que hemos incluido en nuestro grupo control. Behneke y cols.⁽²⁵⁸⁾ publican una media de pérdida ósea de 0,7 mm entre la cirugía y la colocación de la prótesis,

esta reabsorción se ve incrementada hasta 1,8 mm a los tres años de seguimiento. Una de las limitaciones que presentaría este estudio es que no todas las mediciones se realizan en series periapicales, sino que también se utilizan radiografías panorámicas. Buser y cols.⁽²⁹⁵⁾ observan una reabsorción media de 3,07 mm a los 12 meses de la cirugía. Mericske-Stern y cols.⁽²⁹⁶⁾ realizan un estudio de tres años de evolución tomando mediciones en mesial y distal del implante, de este modo obtienen una media de $2,7 \pm 0,9$ mm en mesial y $2,9 \pm 0,9$ mm en distal en el momento del cementado de la prótesis, que aumenta a una media de pérdida ósea de $3,2 \pm 1,0$ mm en mesial y $3,2 \pm 0,9$ mm en distal al cabo de los tres años de seguimiento. Ozkan y cols.⁽²⁹⁷⁾ estudian la reabsorción perimplantaria desde la colocación del implante a tres años de evolución y desde la cirugía al primer año observan una pérdida de 0,17 mm que se incrementa hasta 0,24 mm en el segundo año y hasta 0,26 mm en el tercer año. Jebreen y Khraisat⁽²⁹⁸⁾ en un estudio retrospectivo multicéntrico encuentran una pérdida ósea menor de 0,2 mm después del primer año de carga. Buser y cols.⁽⁷⁾ encuentran una pérdida ósea de 2,18 mm en implantes con plataforma estándar de 1,8 mm (porción del cuello pulido), a lo largo de un periodo de seguimiento de 2 años en un protocolo de carga temprana. En nuestros resultados se observa una pérdida media anual desde la carga de la prótesis de 0,42 mm que se encuentra dentro de los resultados de reabsorción ósea publicados en la literatura aunque con valores relativamente más bajos.

Como se ha expuesto anteriormente la mayor pérdida ósea se produce dentro del primer año, siendo mucho menor en los años siguientes. Muchos intentos de todo tipo (modificación de la técnica quirúrgica, de la superficie y morfología del implante, conexión implante-pilar...) se han propuesto para intentar eliminar o minimizar dicha pérdida. Una de las más recientes y prometedoras es la técnica de la plataforma estrecha (“platform switching”). Al parecer la mayoría de los trabajos publicados ofrecen menor pérdida ósea,

Discusión

aunque la reciente literatura ha mostrado que varios factores además de la anchura de la plataforma,⁽²⁰⁷⁾ parecen estar involucrados en la pérdida de hueso crestal:^(186, 188) factores biomecánicos como la topografía de la superficie del cuello del implante,⁽²⁹⁹⁾ la presencia de microespiras en la porción coronal⁽²¹²⁾ y también parecen influir factores como las múltiples conexiones y desconexiones del aditamento.⁽¹⁹⁷⁾

Según la primera descripción de este tipo de plataforma en la literatura⁽¹²⁾ “la técnica de la plataforma estrecha consiste en la colocación de implantes estándar de 5 mm con un pilar de 4 mm de diámetro, con esta solución se ha encontrado que se mantiene la altura del hueso interproximal estable después de un año”. Hasta la fecha pocos trabajos con sólida evidencia científica existen en la literatura sobre las ventajas e inconvenientes de este tipo de plataforma, una de las revisiones más recientes encuentra en las bases de datos doce trabajos sobre el tema: tres artículos utilizan modelos animales y nueve sujetos humanos. El seguimiento oscila entre 1 y 36 meses, la mínima pérdida de hueso marginal registrada fue de 0,05 - 0,07 mm y la máxima de 1,3 - 1,4 mm. La mayoría de los textos son estudios clínicos y todos los autores están de acuerdo en primer lugar en que la principal pérdida ósea se observa durante el primer mes tras la exposición oral y en segundo lugar que la reducción de la pérdida ósea es mucho menor en todos aquellos casos en los cuales la geometría de la plataforma ha sido modificada resultando además en una mejor estética.⁽³⁰⁰⁾

En una reciente revisión bibliográfica y meta-análisis,⁽²²⁷⁾ el rango de pérdida ósea marginal en el grupo de la plataforma estándar fue de 0,06 a 0,99 mm y en el grupo de plataforma estrecha fue de 0,19 a 1,67 mm, respectivamente. En este estudio, que por su relevancia merece ser descrito con más minuciosidad, la búsqueda inicial en la literatura identifica 146 títulos, pero se reducen a 18 que inicialmente cumplen los criterios de inclusión en el meta-

análisis, una evaluación posterior más profunda excluye 8 estudios por diferentes razones (4 no incluyen grupo control, 2 utilizan modelos de elementos finitos, 1 tiene un período de observación de 6 meses y un estudio fue duplicado de otro estudio publicado anteriormente). Entonces, un total de 10 estudios conteniendo 1239 implantes en total se incluyeron en la revisión sistemática y meta-análisis. Es de destacar, por consiguiente, el escaso número de publicaciones en la literatura con suficiente evidencia científica sobre los resultados de la técnica de la plataforma estrecha, además no presentan resultados concordantes sobre el nivel óseo. Se ha publicado una reducción de la pérdida ósea perimplantaria estadísticamente significativa en siete estudios.^(196, 201, 222-224, 226, 231) Los autores concluyeron que la plataforma estrecha puede preservar la altura de hueso perimplantario y los niveles de tejidos blandos. Un único trabajo establece que el grado de reabsorción marginal de hueso estaba inversamente relacionada con la extensión de la plataforma estrecha (es decir, la cantidad de desajuste entre el pilar y el implante).⁽²²⁶⁾ El primer trabajo analizado en este meta-análisis ha sido el de Hürzeler y cols. en 2007,⁽²²²⁾ evaluaron los cambios a nivel de hueso perimplantario de 22 implantes de diámetro ancho, los cuáles fueron seleccionados al azar para cualquiera de los dos aditamentos (plataforma estrecha o convencional). Las radiografías se tomaron en el momento de la colocación de la restauración definitiva y al cabo de un año. La media de pérdida ósea en implantes con plataforma estrecha fue estadísticamente menor que en implantes con plataforma estándar ($p \leq 0,013$). Los autores concluyeron que la plataforma estrecha puede reducir la pérdida ósea perimplantaria pero advierten de la limitación en la interpretación de los resultados debido a la reducida muestra analizada. A continuación, Capiello y cols.⁽²⁰¹⁾ van evaluar las alteraciones de 75 implantes con una plataforma estrecha y 54 implantes con una plataforma estándar. Después de un año de función, el examen radiográfico mostró que el rango de pérdida de hueso marginal alrededor de los implantes de plataforma estrecha estaba entre 0,6 y 1,2

Discusión

mm (media $0,95 \pm 0,32$ mm), mientras que el rango de pérdida ósea en los implantes del grupo control se encontró entre 1,3 y 2,1 mm (media $1,67 \pm 0,37$ mm). La diferencia entre los dos grupos se consideró estadísticamente significativa. Un año después, Prosper y cols.⁽²²⁴⁾ publicaron un ensayo multicéntrico clínico aleatorizado de 360 implantes plataforma estrecha y control que fueron colocados utilizando tres métodos diferentes; sumergidos, no sumergidos y sumergidos con un aditamento reducido. Los pacientes se siguieron durante 24 meses. Una evaluación radiográfica a doble ciego fue llevada a cabo por un examinador independiente y hallaron una diferencia estadísticamente significativa en los cambios en el hueso crestal entre los dos grupos. En ese mismo año, Trammell y cols.⁽¹⁹⁶⁾ llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorio en el cual se colocaron 25 implantes en mandíbula para evaluar la pérdida de hueso marginal alrededor de implantes con plataforma estrecha y plataforma convencional. Cada paciente actuó como su propio grupo control. Se realizó una selección al azar del reparto de los dos tipos de plataforma entre los individuos y la fiabilidad intraexaminador también fue testada. Ninguno de los implantes fracasó después del periodo de dos años de seguimiento. Los implantes de plataforma estrecha mostraron una pérdida de hueso crestal significativamente menor comparados con los implantes convencionales ($0,99 \pm 0,53$ mm vs $1,19 \pm 0,58$ mm). En contraste, no hay diferencias significativas en las mediciones radiográficas de la anchura biológica en ambos grupos. Vigolo y Givani⁽²³¹⁾ evaluaron 182 implantes de diámetro ancho colocados en regiones posteriores. De estos, 97 implantes fueron restaurados con componentes prostodónticos que fueron 0,8 mm más estrechos de diámetro que la plataforma del implante, y 85 implantes fueron restaurados con componentes prostéticos del mismo diámetro. Los implantes fueron evaluados durante cinco años después de la colocación de los aditamentos, y los cambios radiográficos fueron medidos utilizando lentes con una magnificación de 6. Se halló una diferencia estadísticamente significativa en la pérdida de hueso marginal entre los grupos

test y control al primer año. Sin embargo, los niveles de hueso marginal no mostraron ningún cambio significativo al segundo, tercer, cuarto y quinto año de función. También, Canullo y cols.⁽²²³⁾ realizaron un ensayo clínico aleatorio para medir la cantidad de pérdida ósea marginal y los índices periodontales a 22 implantes maxilares inmediatos y restaurados con plataforma estándar o con plataforma estrecha. Se observó una diferencia radiográfica significativa en los niveles de hueso marginal entre el grupo test y el grupo control después de un periodo medio de seguimiento de 25 meses. En el grupo control se observó una reducción del nivel óseo de $1,19 \pm 0,35$ mm, en el grupo test la reducción fue de $0,30 \pm 0,16$ mm. Estos autores en otra publicación posterior,⁽²²⁶⁾ midieron los niveles de hueso marginal alrededor de 80 implantes. Estos implantes se asignaron de forma aleatoria entre los cuatro grupos formados (tres del grupo test y uno del grupo control) basados en la discrepancia entre los diámetros del aditamento y la plataforma del implante. El uso de 3,8, 4,3, 4,8 y 5,5 mm de diámetro implantario con 3,8 mm del aditamento resultó en una diferencia entre el diámetro del implante y el del aditamento de 0,25 mm (grupo test 1), 0,50 mm (grupo test 2), y 0,85 mm (grupo test 3), y el grupo control con la plataforma estándar de igual diámetro el implante que el aditamento protésico. Después de un periodo de seguimiento de 30 meses, la media de pérdida ósea marginal para el grupo test 1 fue de $0,99 \pm 0,42$ mm, para el grupo test 2 fue de $0,87 \pm 0,43$ mm y para el grupo test 3 fue de $0,64 \pm 0,32$ mm; para el grupo control la media de reabsorción ósea fue de $1,48 \pm 0,42$ mm. Estos hallazgos sugieren que un desplazamiento medial del aditamento es inversamente proporcional a la cantidad de pérdida ósea perimplantaria.

Sin embargo no hay total unanimidad en todos los estudios y tres estudios no muestran ninguna diferencia significativa entre los dos grupos estudiados, grupo con plataforma convencional y grupo con plataforma estrecha.^(230, 232, 233) Así, Crespi y cols.⁽²³⁰⁾ restauraron 30 implantes plataforma estrecha y 34

Discusión

implantes plataforma convencional. Todos los implantes se colocaron en alveolos postextracción de incisivos, caninos y premolares. Inmediatamente después de la cirugía se restauraron con coronas provisionales y los implantes tuvieron un periodo de seguimiento de dos años. Para los implantes de plataforma estrecha se publicó una reabsorción ósea de $0,73 \pm 0,52$ mm y $0,78 \pm 0,49$ mm para los implantes de plataforma convencional. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos. Desde el punto de vista de los autores, la utilización de un protocolo quirúrgico atraumático puede haber preservado los niveles de hueso perimplantario y minimizar la diferencia entre los dos grupos. En ese mismo año, Kielbassa y cols.⁽²³²⁾ publicaron en implantes restaurados de forma inmediata, la pérdida ósea marginal en plataforma estrecha y estándar. Un total de 325 implantes fueron insertados en 12 centros con el mismo protocolo. No se observaron diferencias significativas entre los dos diseños de implantes en los niveles de cresta ósea ($p=0,729$). Adicionalmente, todos los implantes mostraron una respuesta de los tejidos blandos favorables con unos resultados más elevados durante el seguimiento del primer año de función. Posteriormente, Enkling y cols.⁽²³³⁾ configuraron un ensayo a boca partida de 50 implantes con plataforma estrecha y convencional situados en la región posterior de la mandíbula y con un periodo de seguimiento de 12 meses. El examen radiográfico incluyó la medición vertical y horizontal de la pérdida ósea marginal. No se encontraron diferencias estadísticas en ambas mediciones. Muestras microbiológicas fueron recogidas en diferentes tiempos después de la inserción del implante. Los autores sugirieron que el grado de colonización bacteriana tuvo un mayor impacto en la cantidad de pérdida ósea que el diseño de la plataforma.

Los trabajos más recientes publicados en la literatura tampoco ofrecen resultados concluyentes. En una publicación de Fickl y cols.⁽³⁰¹⁾ en el año 2010, 75 implantes forman el grupo test con la configuración de la plataforma estrecha

y 14 implantes son restaurados con los pilares convencionales y sirven de grupo control. El periodo de seguimiento se realiza durante 12 meses. Los valores medios de pérdida de hueso crestal en el momento de la inserción de la prótesis definitiva fueron $0,30 \pm 0,07$ mm para los implantes restaurados con pilares medializados y $0,68 \pm 0,17$ mm para implantes restaurados de forma convencional. Al año de la inserción de la prótesis definitiva, la media de pérdida ósea fue $0,39 \pm 0,07$ mm para los implantes de plataforma estrecha y $1,00 \pm 0,22$ mm para implantes de plataforma convencional. Por lo tanto, la media de la cantidad de pérdida de hueso crestal entre la inserción de la prótesis definitiva y el año de seguimiento fue $0,1 \pm 0,05$ mm para el grupo test y $0,23 \pm 0,18$ mm para el grupo control. Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Sin embargo es de destacar que en este trabajo los implantes con plataforma estrecha han sido posicionados subcrestalmente en el momento de la cirugía, lo cual ha podido ser influyente en los resultados obtenidos. En ese mismo año, Linkevicius y cols.⁽³⁰²⁾ concluyen que los implantes con plataforma estrecha no preservan el hueso crestal mejor que los convencionales si en el momento de la colocación del implante el grosor de la mucosa es de 2 mm o menos. La pérdida ósea alrededor de los implantes del grupo restaurado con el concepto de la plataforma estrecha fue $1,81 \pm 0,39$ mm en mesial y $1,70 \pm 0,35$ mm en distal. Los implantes del grupo restaurado con el concepto de la convencional alcanzan una reabsorción de $1,60 \pm 0,46$ mm en mesial y $1,76 \pm 0,45$ mm en la medición distal. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y el grupo test. Entre las posibles deficiencias de este estudio es de señalar que la amplitud de muestra es muy reducida (6 implantes para el grupo control y 6 para el grupo test) y además solamente se mide en casos donde el grosor de encía es inferior a 2 mm, lo cual probablemente influye en la remodelación ósea y en la formación del sellado biológico. Para Wagenberg y Froum⁽³⁰³⁾ en su estudio, los datos parecen indicar que el concepto de la plataforma estrecha es efectivo en la preservación de los

Discusión

niveles de cresta ósea. En 71 (76%) y 67 (71%) de la 94 radiografías estudiadas, no ocurrió pérdida ósea en mesial y distal, respectivamente, desde la colocación del implante a los 11 – 14 años de seguimiento. De hecho, 96,8% de las superficies mesial y distal mostraron una pérdida ósea total de menos de 2 mm. Aunque no existe un grupo control, este trabajo es, hasta la fecha, el de mayor seguimiento en el tiempo con una duración de entre 11 y 14 años. Finalmente, Cocchetto y cols.⁽²²⁸⁾ en su publicación examinan si el incremento de la discrepancia entre los diámetros de la plataforma del implante y del pilar conlleva una disminución en la pérdida del hueso crestal. Este desarrollo del concepto de la plataforma estrecha es muy reciente y se denomina “ancha plataforma estrecha” (Wide Platform-Switched), el cual también ha sido revisado por Canullo y cols.⁽²²⁶⁾ El análisis radiográfico reveló que la media de pérdida ósea perimplantaria a los 18 meses de función fue de 0,20 mm, por lo cual el autor concluye que incrementar la discrepancia entre el diámetro de la plataforma del implante y el pilar puede conducir a una disminución en la cantidad de pérdida ósea coronal. De todos modos se trata de un estudio inicial, con una muestra muy limitada de catorce implantes, que necesita de posteriores trabajos con mayor grado de evidencia. En nuestros resultados en el grupo de la plataforma estándar se ha encontrado una pérdida ósea anual de $0,42 \pm 0,11$ mm y en el grupo de la plataforma estrecha la pérdida fue de $-0,04 \pm 0,50$ mm. Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ambas medidas ($p < 0,001$). De este modo se puede afirmar que hay menor reabsorción de la cresta perimplantaria en los implantes de plataforma estrecha que en los de plataforma estándar. Casi el 75% de los valores de pérdida ósea en la plataforma estrecha (rango: -1,42 - 2,20 mm) mejoran respecto a la plataforma estándar (rango: 0,18 - 0,61 mm).

El concepto de la plataforma estrecha ha sido publicado previamente y dos trabajos ofrecen una interesante consecuencia asociada al mantenimiento de

la cresta ósea gracias a la plataforma estrecha.^(300, 304) Ambas publicaciones proporcionan un resumen de los estudios actuales en las ventajas e indicaciones de la plataforma estrecha. Los autores concluyen que la plataforma estrecha puede preservar el nivel de hueso crestal y mantener el nivel de los tejidos blandos en una zona estética. Sin embargo, es innecesario señalar que el nivel radiográfico de hueso es una medición indirecta para el resultado estético. Por eso, la mejora en la preservación del hueso alrededor de la plataforma estrecha no implica ser necesariamente una mejora estética, aunque probablemente es un requisito necesario. Según Kan y cols.⁽³⁰⁵⁾ el nivel de la papila proximal al implante es independiente del nivel de hueso adyacente al implante y está relacionado con el nivel de hueso próximo al diente adyacente. Además las dimensiones de la mucosa perimplantaria mejoran con biotipos periodontales gruesos. La cantidad de pérdida de la papila interdientaria puede estar afectada por factores como una pérdida ósea severa previa a la cirugía implantológica, calidad de la mucosa alveolar, posición de los implantes en relación a los dientes adyacentes, proximidad entre los implantes así como la angulación de dos implantes adyacentes. Además hay que destacar que el mayor cambio en la altura del tejido blando se produce entre la primera y la sexta semana de la conexión del pilar.⁽³⁰⁶⁾ La posición de los implantes en relación a los dientes adyacentes, tanto en la posición mesio-distal como en la posición ápico-coronal, afectará al perfil de emergencia y al contorno del tejido blando. La proximidad entre dos implantes no solo afectaría a la cantidad del espacio disponible para el tejido blando sino también podría afectar al aporte sanguíneo en la región de la papila interimplantaria. Los perfiles de tejido blando se pueden modificar mediante la selección de diversos aditamentos y la utilización de restauraciones temporales en el momento de la conexión de los pilares.

Varios investigadores han estudiado la modificación del tejido blando en la conexión del pilar. Choquet y cols.⁽¹⁶⁸⁾ establecieron que el nivel de la papila

Discusión

alrededor de restauraciones unitarias de implantes está íntimamente relacionada con el nivel de hueso adyacente al diente y más específicamente al hueso crestal. La regeneración de la papila después de una restauración unitaria con implantes es exitosa con una distancia de 5 mm entre el punto de contacto y el hueso crestal, mayor a 5 mm la papila se regenera en al menos el 50% pero no es predecible.⁽¹⁴³⁾ Estos resultados claramente muestran la influencia del hueso crestal en la presencia o la ausencia de papila entre el implante y el diente adyacente. La presencia del tejido blando interdental es dependiente de la posición de la altura de hueso alveolar y su relación con el punto de contacto. Cuando la distancia desde el punto de contacto y la altura del hueso interproximal es mayor que 5 mm, evitar la tronera y espacios negros es difícil.⁽¹²⁾ Priest⁽³⁰⁷⁾ en el 2003, estableció que la regeneración de la papila ocurrió de forma regular en un 83,9%, la recesión sulcular fue menos predecible y se observó en 59,6% de los casos. Los cambios en el tejido ocurrieron al cabo de un año o menos, y a largo plazo la pérdida de la papila o la recesión sulcular no se observó. La papila continuó con un ligero incremento en la altura de 0,2 mm, y la profundidad del surco permaneció relativamente estable. Cardaropoli y cols.⁽¹²⁵⁾ publicaron que el grosor de la mucosa labial se vio aumentado en el momento de la colocación de la corona seguida de una pequeña remisión al cabo de un año. Durante el correspondiente intervalo de tiempo, se halló una media de migración apical de 0,6 mm en el tejido blando vestibular. El crecimiento de la papila mayor al 50% se observó en un 32% en el momento del cementado y un 86% al año. Sin embargo, Henriksson y Jemt⁽³⁰⁸⁾ encuentran resultados contradictorios ya que el tejido bucal se incrementó significativamente tras la colocación del aditamento cilíndrico y la corona protésica, este incremento en el contorno bucal se reduce al cabo de un año, sin embargo, no establecen una relación entre la presencia de la papila y la distancia entre el punto de contacto y la cresta ósea.

Todos estos autores llevaron a cabo sus estudios en implantes convencionales y muchos de ellos se refieren sólo al sector anterior. Con el nuevo diseño de implantes, la plataforma estrecha, la posición horizontal del “micro-gap” está modificada, por lo tanto la reabsorción ósea marginal se ve reducida y consecuentemente el soporte del tejido blando se ve mejorado. Uno de los últimos trabajos publicados, Canullo y cols. estudian la preservación de los tejidos blandos y duros perimplantarios mediante la plataforma estrecha utilizada en alveolos postextracción. Este estudio concluyó que la papila interproximal no muestra una migración apical y sólo un pequeño incremento del nivel papilar fue notificado en algunos casos; la ganancia media de la altura de la papila fue 0,25 mm, el margen bucal no mostró ningún cambio perceptible; de hecho, cuando la recesión fue estudiada, se observó una ganancia media de 0,2 mm.⁽²¹⁹⁾ En otro trabajo, se publicó una ganancia media de +0,045 mm en la altura de la papila.⁽²²⁵⁾ El mismo autor en un estudio posterior, confirmó que los niveles de hueso marginal se mantenían mejor en aquellos implantes restaurados con el concepto de la plataforma estrecha⁽²²⁶⁾ y finalmente publica un inusual estudio histológico y confirma la estabilidad de los tejidos blandos perimplantarios.⁽³⁰⁹⁾

En nuestro estudio se utilizó un sistema de implantes con plataforma estrecha para intentar valorar los niveles de tejido blando. Todos los implantes se insertaron en los sectores posteriores al contrario que la mayoría de las publicaciones que se centraron a nivel anterior. La limitación más importante de este estudio se debe a la reducción del número muestral, debido a la metodología fotográfica empleada, de difícil ejecución en sectores posteriores y con reducida apertura bucal. Se observó una reducción (-0,36 mm) en la distancia desde el punto de contacto y el punto más coronal de la papila, por lo tanto se obtuvo un crecimiento de la papila al cabo de un año, que es el periodo de tiempo dónde se produce el mayor cambio perimplantario en los tejidos blandos. En este estudio,

Discusión

no se observaron cambios significativos a nivel del margen bucal al cabo de un año. Posteriores investigaciones que evalúen los resultados de los tejidos blandos con una muestra más amplia y un mayor periodo de seguimiento son necesarias para validar las ventajas estéticas de la plataforma estrecha.

VI.1 Implicaciones clínicas del estudio.

De nuestro trabajo parece desprenderse que la técnica radiográfica puede usarse para la evolución de la salud de las prótesis sobre implantes. Se trata de un método diagnóstico de fácil aplicación para cualquier clínico y si bien su error más frecuente puede ser el reconocimiento con exactitud de los puntos de referencia para realizar mediciones, la información que aporta sobre la cresta ósea es muy útil. De mayor interés en la práctica clínica puede ser la utilización de la modificación que hemos propuesto para situaciones anatómicas desfavorables.

Parece recomendable, dado nuestros resultados, el empleo de implantes de plataforma estrecha de forma rutinaria ya que los niveles de hueso se mantienen al cabo de un año incluso con valores de menor pérdida ósea que los implantes con plataforma estándar. De la misma manera, parece que el comportamiento de los tejidos blandos es mucho más favorable puesto que no se ha observado recesión del surco gingival y por el contrario, existe crecimiento de la papila en implantes con diseño de plataforma estrecha. En el sector anterior, es donde predominantemente se indica este tipo de diseño en la literatura por sus posibles ventajas estéticas, es evidente que en el sector posterior donde se ha llevado a cabo nuestro estudio puede proporcionar además mayor confort al paciente puesto que disminuye el espacio interproximal, impide la impactación alimentaria y facilita el control higiénico.

VI.2 Limitaciones del estudio.

Las limitaciones principales del trabajo son:

1. La diferencia del número muestral entre el grupo control y el grupo test puesto que el trabajo se realizó en un medio docente y los pacientes atendidos se ajustaron a la actividad realizada en la unidad. Otro motivo que explica este número diferente de pacientes es por una distribución al azar (1:1) realizada al comienzo del estudio. No se decidió aumentar la muestra ya que el comportamiento del implante con plataforma estándar está ampliamente descrito en la literatura.
2. Los cambios radiológicos en cuanto a la pérdida ósea perimplantaria inferiores a 0,43 con el método estándar e inferiores a 0,66 con el método modificado no pueden ser valorados con exactitud.
3. El estudio de los tejidos blandos se realiza en el grupo test y no en el control porque en este último grupo hay elevados estudios sobre su evolución y en periodos de tiempo amplios. Además la muestra estudiada es inferior a la muestra de la medición ósea puesto que es una variable secundaria y el método de obtención es mediante fotografías lo que limita su obtención perpendicular en el sector posterior de la arcada que es donde se realizan todas las mediciones.
4. Del mismo modo que otros factores, no se ha evaluado la posible influencia de la función masticatoria en el comportamiento del hueso y la mucosa perimplantaria, ya que podría tener una influencia el tipo de masticación (unilateral o alternante) en los parámetros valorados en este estudio.

Discusión

VI.3 Nuevas rutas de investigación.

Es evidente que un seguimiento a lo largo del tiempo de ambos grupos puede proporcionar información de utilidad sobre el comportamiento de los tejidos perimplantarios. Una nueva aproximación, muy relacionada con este estudio, sería estudiar la evolución de estos dos diseños de implantes, situando ambos tipos en la misma hemiarcada del paciente, este diseño metodológico mejora la fiabilidad del estudio puesto que elimina sesgos debidos a la comparación entre diferentes localizaciones y sujetos. Otra interesante línea de investigación derivada podría valorar la influencia del tipo de masticación, prótesis y tipos de contactos oclusales en estas circunstancias.

VII. CONCLUSIONS.

Conclusions

1. The modified radiographic technique can allow the use of a technique precise enough for the assessment of peri-implant bone level changes.
2. The main source of error seemed to be the recognition of reference points on the interface between the alveolar bone and implant.
3. Platform-Switching design preserves the crestal bone levels to 1-year follow-up.
4. A reduction in the distance from the top the papilla to the contact point was observed, so growth of the papilla is observed after a year.
5. In this study, significant changes in buccal margin haven't been observed after a year.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. Clin Oral Implants Res. 1990 Dec;1(1):33-40.
2. Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, Behneke A, Behneke N, Hirt HP, et al. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. Clin Oral Implants Res. 1997 Jun;8(3):161-72.
3. Weber HP, Crohin CC, Fiorellini JP. A 5-year prospective clinical and radiographic study of non-submerged dental implants. Clin Oral Implants Res. 2000 Apr;11(2):144-53.
4. Behneke A, Behneke N, d'Hoedt B. The longitudinal clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in partially edentulous patients: a 5-year follow-up report. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000 Sep-Oct;15(5):633-45.
5. Bornstein MM, Schmid B, Belser UC, Lussi A, Buser D. Early loading of non-submerged titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface. 5-year results of a prospective study in partially edentulous patients. Clin Oral Implants Res. 2005 Dec;16(6):631-8.
6. Lekholm U, van Steenberghe D, Hermann I, Bolender C, Folmer T, Gunne J. . Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous jaws: A prospective 5-year multicenter study. Int J Oral Maxillofac Implants. 1994;9:627-35.
7. Buser D, Bornstein MM, Weber HP, Grutter L, Schmid B, Belser UC. Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following

Bibliografia

single-tooth extraction in the esthetic zone: a cross-sectional, retrospective study in 45 subjects with a 2- to 4-year follow-up. *J Periodontol.* 2008 Sep;79(9):1773-81.

8. Jemt T, Chai J, Harnett J, Heath MR, Hutton JE, Johns RB, et al. A 5-year prospective multicenter follow-up report on overdentures supported by osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1996 May-Jun;11(3):291-8.

9. Lindquist LW, Carlsson GE, Jemt T. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Implants Res.* 1996 Dec;7(4):329-36.

10. Becker J, Ferrari D, Herten M, Kirsch A, Schaer A, Schwarz F. Influence of platform switching on crestal bone changes at non-submerged titanium implants: a histomorphometrical study in dogs. *J Clin Periodontol.* 2007 Dec;34(12):1089-96.

11. Walton JN, Gardner FM, Agar JR. A survey of crown and fixed partial denture failures: length of service and reasons for replacement. *J Prosthet Dent.* 1986 Oct;56(4):416-21.

12. Gardner DM. Platform switching as a means to achieving implant esthetics. *N Y State Dent J.* 2005 Apr;71(3):34-7.

13. Adell R. Clinical results of osseointegrated implants supporting fixed prostheses in edentulous jaws. *J Prosthet Dent.* 1983 Aug;50(2):251-4.

14. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1986 Summer;1(1):11-25.
15. Calvo Guirado JL, Saez Yuguero MR, Pardo Zamora G, Munoz Barrio E. Immediate provisionalization on a new implant design for esthetic restoration and preserving crestal bone. *Implant Dent*. 2007 Jun;16(2):155-64.
16. Belser UC, Buser D, Hess D, Schmid B, Bernard JP, Lang NP. Aesthetic implant restorations in partially edentulous patients--a critical appraisal. *Periodontol 2000*. 1998 Jun;17:132-50.
17. Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004;19 Suppl:43-61.
18. Kan JY, Rungcharassaeng K, Lozada J. Immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: 1-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2003 Jan-Feb;18(1):31-9.
19. Chen ST, Wilson TG, Hammerle CH. Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures, and outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004;19 Suppl:12-25.
20. Cornellini R, Cangini F, Covani U, Wilson TG. Immediate restoration of implants placed into fresh extraction sockets for single-tooth replacement: a prospective clinical study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2005 Oct;25(5):439-47.

Bibliografia

21. Rimondini L, Bruschi GB, Scipioni A, Carrassi A, Nicoli-Aldini N, Giavaresi G, et al. Tissue healing in implants immediately placed into postextraction sockets: a pilot study in a mini-pig model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005 Sep;100(3):43-50.
22. Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J. Tissue modeling following implant placement in fresh extraction sockets. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Dec;17(6):615-24.
23. Araujo MG, Wennstrom JL, Lindhe J. Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Dec;17(6):606-14.
24. Mayfield L. Immediate, delayed and late submerged and transmucosal implants. In: Lang NP, Karring T, Lindhe J, editor. *Proceedings of the 3rd European Work-shop on Periodontology: Implant Dentistry.* Berlin: Quintessenz Verlags; 1999. p. 520-34.
25. Cochran DL. The scientific basis for and clinical experiences with Straumann implants including the ITI Dental Implant System: a consensus report. *Clin Oral Implants Res.* 2000;11 Suppl 1:33-58.
26. Branemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindstrom J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1969;3(2):81-100.
27. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, Lindstrom J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand.* 1981;52(2):155-70.

28. Bränemark P. Introduction to osseointegration. In: Bränemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, editor. Tissue-integrated prostheses. Chicago: Quintessence Publishing Co., Inc.; 1985. p. 11-76.
29. Steinemann SG, Eulenberge J, Maeusli PA, Schroeder A. Adhesion of bone to titanium. In: Christel P, Meunier A, Lee ACJ, editor. Biological and biomechanical performance of biomaterials. Amsterdam: Elsevier; 1989. p. 409-14.
30. Zarb GA, Albrektsson T. Osseointegration: a requiem for the periodontal ligament? *Int J Periodont Rest Dent*. 1991;11:88-91.
31. Natiella JR, Armitage JE, Meenaghan MA, Greene GW. Tissue response to dental implants protruding through mucous membrane. *Oral Sci Rev*. 1974;5(0):85-105.
32. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *Eur J Oral Sci*. 1998 Feb;106(1):527-51.
33. Mombelli A. Criteria for success. Monitoring. In: Lang NP, Karring T, editor. Proceedings of the 1st European Workshop on Periodontology. London: Quintessence Publishing Co., Ltd.; 1994. p. 317-25.
34. Albrektsson T, Isidor F. Consensus report of session IV. In: Lang NP, Karring T, editor. Proceedings of the 1st European Workshop on Periodontology. London: Quintessence Publishing Co., Ltd.; 1994. p. 365-9.
35. Mombelli A, Lang NP. Clinical parameters for the evaluation of dental

Bibliografia

implants. Periodontol 2000. 1994 Feb;4:81-6.

36. Bergman B. Evaluation of the results of treatment with osseointegrated implants by the Swedish National Board of Health and Welfare. J Prosthet Dent. 1983 Jul;50(1):114-5.

37. Schnitman PA, Shulman LB. Recommendations of the consensus development conference on dental implants. J Am Dent Assoc. 1979 Mar;98(3):373-7.

38. Adell R. Tissue integrated prostheses in clinical dentistry. Int Dent J. 1985 Dec;35(4):259-65.

39. Albrektsson T. A multicenter report on osseointegrated oral implants. J Prosthet Dent. 1988 Jul;60(1):75-84.

40. Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. J Prosthet Dent. 1989 Nov;62(5):567-72.

41. National Institutes of Health Consensus Development Conference statement on dental implants June 13-15, 1988. J Dent Educ. 1988 Dec;52(12):824-7.

42. Leblebicioglu B, Rawal S, Mariotti A. A review of the functional and esthetic requirements for dental implants. J Am Dent Assoc. 2007 Mar;138(3):321-9.

43. Branemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience

from a 10-year period. Scand J Plast Reconstr Surg Suppl. 1977;16:1-132.

44. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Int J Oral Surg. 1981 Dec;10(6):387-416.

45. Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. Int J Oral Maxillofac Implants. 2004 Mar-Apr;19(2):228-31.

46. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part I. Accuracy and reproducibility. Cleft Palate Craniofac J. 1992 Mar;29(2):112-7.

47. Lascala CA, Panella J, Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). Dentomaxillofac Radiol. 2004 Sep;33(5):291-4.

48. De Smet E, Jacobs R, Gijbels F, Naert I. The accuracy and reliability of radiographic methods for the assessment of marginal bone level around oral implants. Dentomaxillofac Radiol. 2002 May;31(3):176-81.

49. Khocht A, Janal M, Harasty L, Chang KM. Comparison of direct digital and conventional intraoral radiographs in detecting alveolar bone loss. J Am Dent Assoc. 2003 Nov;134(11):1468-75.

50. Hermann JS, Schoolfield JD, Nummikoski PV, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Crestal bone changes around titanium implants: a methodologic study comparing linear radiographic with histometric measurements. Int J Oral

Bibliografia

Maxillofac Implants. 2001 Jul-Aug;16(4):475-85.

51. Hollender L, Rockler B. Radiographic evaluation of osseointegrated implants of the jaws. Experimental study of the influence of radiographic techniques on the measurement of the relation between the implant and bone. Dentomaxillofac Radiol. 1980;9(2):91-5.

52. Jeffcoat MK, Jeffcoat RL, Williams RC. A new method for the comparison of bone loss measurements on non-standardized radiographs. J Periodontal Res. 1984 Jul;19(4):434-40.

53. Stevens PM. Radiographic distortion of bones: a marker study. Orthopedics. 1989 Nov;12(11):1457-63.

54. Benn DK. Estimating the validity of radiographic measurements of marginal bone height changes around osseointegrated implants. Implant Dent. 1992 Spring;1(1):79-83.

55. Choi YG, Kim YK, Eckert SE, Shim CH. Cross-sectional study of the factors that influence radiographic magnification of implant diameter and length. Int J Oral Maxillofac Implants. 2004 Jul-Aug;19(4):594-6.

56. Webber RL, Ruttimann UE, Groenhuis RAJ. Computer correction of projected distortions in dental radiographs. Journal of Dental Research 1984;63:1032-6.

57. Adell R, Lekholm U, Grondahl K, Branemark PI, Lindstrom J, Jacobsson M. Reconstruction of severely resorbed edentulous maxillae using osseointegrated fixtures in immediate autogenous bone grafts. Int J Oral

Maxillofac Implants. 1990 Fall;5(3):233-46.

58. Cox JF, Pharoah M. An alternative holder for radiographic evaluation of tissue-integrated prostheses. J Prosthet Dent. 1986 Sep;56(3):338-41.

59. Sewerin IP. Errors in radiographic assessment of marginal bone height around osseointegrated implants. Scand J Dent Res. 1990 Oct;98(5):428-33.

60. Sewerin IP. Estimation of angulation of Branemark titanium fixtures from radiographic thread images. Clin Oral Implants Res. 1991 Jan-Mar;2(1):20-3.

61. Aken JV. Optimum conditions for intraoral roentgenograms. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1969;27:428-33.

62. Quirynen M, van Steenberghe D, Jacobs R, Schotte A, Darius P. The reliability of pocket probing around screw-type implants. Clin Oral Implants Res. 1991 Oct-Dec;2(4):186-92.

63. Schulze RK, d'Hoedt B. Mathematical analysis of projection errors in "paralleling technique" with respect to implant geometry. Clin Oral Implants Res. 2001 Aug;12(4):364-71.

64. Benkow H. Periodisk-identiske og stereoskopiske intraorale røntgenopptak. Dent Norske Tannlaegetidende. 1956;66:239-55.

65. Larheim TA, Eggen S. Measurements of alveolar bone height at tooth and implant abutments on intraoral radiographs. A comparison of reproducibility of Eggen technique utilized with and without a bite impression. J Clin Periodontol. 1982 May;9(3):184-92.

Bibliografia

66. Weber HP, Buser D, Fiorellini JP, Williams RC. Radiographic evaluation of crestal bone levels adjacent to nonsubmerged titanium implants. *Clin Oral Implants Res.* 1992 Dec;3(4):181-8.
67. Mayfield L, Skoglund A, Nobreus N, Attstrom R. Clinical and radiographic evaluation, following delivery of fixed reconstructions, at GBR treated titanium fixtures. *Clin Oral Implants Res.* 1998 Oct;9(5):292-302.
68. Norton MR. Marginal bone levels at single tooth implants with a conical fixture design. The influence of surface macro- and microstructure. *Clin Oral Implants Res.* 1998 Apr;9(2):91-9.
69. Naert I, Gizani S, Vuylsteke M, van Steenberghe D. A 5-year randomized clinical trial on the influence of splinted and unsplinted oral implants in the mandibular overdenture therapy. Part I: Peri-implant outcome. *Clin Oral Implants Res.* 1998 Jun;9(3):170-7.
70. Benn DK. A review of the reliability of radiographic measurements in estimating alveolar bone changes. *J Clin Periodontol.* 1990 Jan;17(1):14-21.
71. Moberg LE, Kondell PA, Kullman L, Heimdahl A, Gynther GW. Evaluation of single-tooth restorations on ITI dental implants. A prospective study of 29 patients. *Clin Oral Implants Res.* 1999 Feb;10(1):45-53.
72. Larheim TA, Eggen S. Determination of tooth length with a standardized paralleling technique and calibrated radiographic measuring film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1979 Oct;48(4):374-8.
73. Hausmann E, Allen K, Dunford R, Christersson L. A reliable

computerized method to determine the level of the radiographic alveolar crest. J Periodontal Res. 1989 Nov;24(6):368-9.

74. Bragger U, Hafeli U, Huber B, Hammerle CH, Lang NP. Evaluation of postsurgical crestal bone levels adjacent to non-submerged dental implants. Clin Oral Implants Res. 1998 Aug;9(4):218-24.

75. Schroeder A, Pohler O, Sutter F. Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd. 1976 Jul;86(7):713-27.

76. Schroeder A, Stich H, Straumann F, Sutter F. The accumulation of osteocementum around a dental implant under physical loading. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd. 1978 Oct;88(10):1051-8.

77. Schroeder A, van der Zypen E, Stich H, Sutter F. The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. J Maxillofac Surg. 1981 Feb;9(1):15-25.

78. Albrektsson T, Sennerby L. State of the art in oral implants. J Clin Periodontol. 1991 Jul;18(6):474-81.

79. Ruggeri A, Franchi M, Marini N, Trisi P, Piattelli A. Supracrestal circular collagen fiber network around osseointegrated nonsubmerged titanium implants. Clin Oral Implants Res. 1992 Dec;3(4):169-75.

80. Ruggeri A, Franchi M, Trisi P, Piattelli A. Histological and ultrastructural findings of gingival circular ligament surrounding osseointegrated nonsumerged loaded titanium implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1994;9:636-43.

Bibliografia

81. Babbush CA, Kent JN, Misiek DJ. Titanium plasma-sprayed (TPS) screw implants for the reconstruction of the edentulous mandible. *J Oral Maxillofac Surg.* 1986 Apr;44(4):274-82.
82. Cox JF, Zarb GA. The longitudinal clinical efficacy of osseointegrated dental implants: a 3-year report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1987 Spring;2(2):91-100.
83. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Branemark PI, Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1990 Winter;5(4):347-59.
84. ten Bruggenkate CM, Muller K, Oosterbeek HS. Clinical evaluation of the ITI (F-type) hollow cylinder implant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990 Dec;70(6):693-7.
85. Buser D, Weber HP, Bragger U, Balsiger C. Tissue integration of one-stage ITI implants: 3-year results of a longitudinal study with Hollow-Cylinder and Hollow-Screw implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1991 Winter;6(4):405-12.
86. Schmitt A, Zarb GA. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants for single-tooth replacement. *Int J Prosthodont.* 1993 Mar-Apr;6(2):197-202.
87. Laney WR, Jemt T, Harris D, Henry PJ, Krogh PH, Polizzi G, et al. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: progress report from a multicenter prospective study after 3 years. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994 Jan-Feb;9(1):49-54.

88. Mericske-Stern R, Steinlin Schaffner T, Marti P, Geering AH. Peri-implant mucosal aspects of ITI implants supporting overdentures. A five-year longitudinal study. Clin Oral Implants Res. 1994 Mar;5(1):9-18.
89. Jemt T, Lekholm U. Implant treatment in edentulous maxillae: a 5-year follow-up report on patients with different degrees of jaw resorption. Int J Oral Maxillofac Implants. 1995 May-Jun;10(3):303-11.
90. Behneke A, Behneke N, Wagner W. Klinische Ergebnisse mit transgingival inserierten endossalen Implantaten (Bonefit-System). Z Zahnärztl Implantol. 1992;8:97-102.
91. Gotfredsen K, Rostrup E, Hjorting-Hansen E, Stoltze K, Budtz-Jorgensen E. Histological and histomorphometrical evaluation of tissue reactions adjacent to endosteal implants in monkeys. Clin Oral Implants Res. 1991 Jan-Mar;2(1):30-7.
92. Buser D, Weber HP, Donath K, Fiorellini JP, Paquette DW, Williams RC. Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs. J Periodontol. 1992 Mar;63(3):225-35.
93. Weber HP, Buser D, Donath K, Fiorellini JP, Doppalapudi V, Paquette DW, et al. Comparison of healed tissues adjacent to submerged and non-submerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. Clin Oral Implants Res. 1996 Mar;7(1):11-9.
94. Buser D, Stich H, Krekeler G, Schroeder A. Faserstrukturen der präimplantären Mukosa bei Titanimplantaten. Eine tierexperimentelle Studie am Beagle-Hund. Z Zahnärztl Implantol. 1989;5:15-23.

Bibliografia

95. Jung RE, Jones AA, Higginbottom FL, Wilson TG, Schoolfield J, Buser D, et al. The influence of non-matching implant and abutment diameters on radiographic crestal bone levels in dogs. *J Periodontol.* 2008 Feb;79(2):260-70.
96. Caton J, Nyman S. Histometric evaluation of periodontal surgery. III. The effect of bone resection on the connective tissue attachment level. *J Periodontol.* 1981 Aug;52(8):405-9.
97. Jung YC, Han CH, Lee KW. A 1-year radiographic evaluation of marginal bone around dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1996;11:811-8.
98. Fourmoris L, Bragger U. Radiographic interpretation of peri-implant structures. In: Lang NP KT, Lindhe J, editor. *Proceedings of the 3rd European Workshop on Periodontology.* Chicago: Quintessence; 1999. p. 228-36.
99. Hermann JS, Cochran DL, Nummikoski PV, Buser D. Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol.* 1997 Nov;68(11):1117-30.
100. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Schoolfield JD, Cochran DL. Biologic Width around one- and two-piece titanium implants. *Clin Oral Implants Res.* 2001 Dec;12(6):559-71.
101. Luongo R, Traini T, Guidone PC, Bianco G, Cocchetto R, Celletti R. Hard and soft tissue responses to the platform-switching technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2008 Dec;28(6):551-7.
102. Pilliar RM, Deporter DA, Watson PA, Valiquette N. Dental implant

design--effect on bone remodeling. J Biomed Mater Res. 1991 Apr;25(4):467-83.

103. Kitamura E, Stegaroiu R, Nomura S, Miyakawa O. Biomechanical aspects of marginal bone resorption around osseointegrated implants: considerations based on a three-dimensional finite element analysis. Clin Oral Implants Res. 2004 Aug;15(4):401-12.

104. Todescan FF, Pustiglioni FE, Imbronito AV, Albrektsson T, Gioso M. Influence of the microgap in the peri-implant hard and soft tissues: a histomorphometric study in dogs. Int J Oral Maxillofac Implants. 2002 Jul-Aug;17(4):467-72.

105. Natali AN, Pavan PG, Ruggero AL. Analysis of bone-implant interaction phenomena by using a numerical approach. Clin Oral Implants Res. 2006 Feb;17(1):67-74.

106. Kozlovsky A, Tal H, Laufer BZ, Leshem R, Rohrer MD, Weinreb M, et al. Impact of implant overloading on the peri-implant bone in inflamed and non-inflamed peri-implant mucosa. Clin Oral Implants Res. 2007 Oct;18(5):601-10.

107. Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. Soft tissue response to plaque formation at different implant systems. A comparative study in the dog. Clin Oral Implants Res. 1998 Apr;9(2):73-9.

108. Oh TJ, Yoon J, Misch CE, Wang HL. The causes of early implant bone loss: myth or science? J Periodontol. 2002 Mar;73(3):322-33.

109. Jansen VK, Conrads G, Richter EJ. Microbial leakage and marginal fit of

Bibliografía

the implant-abutment interface. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1997 Jul-Aug;12(4):527-40.

110. Albrektsson T, Zarb GA. The longitudinal clinical efficacy of osseointegrated dental implants: A 3-year report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1987;2:91-100.

111. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Res*. 1991 Apr-Jun;2(2):81-90.

112. Sanz M, Alandez J, Lazaro P, Calvo JL, Quirynen M, van Steenberghe D. Histo-pathologic characteristics of peri-implant soft tissues in Branemark implants with 2 distinct clinical and radiological patterns. *Clin Oral Implants Res*. 1991 Jul-Sep;2(3):128-34.

113. Quirynen M, van Steenberghe D. Bacterial colonization of the internal part of two-stage implants. An in vivo study. *Clin Oral Implants Res*. 1993 Sep;4(3):158-61.

114. Persson LG, Lekholm U, Leonhardt A, Dahlen G, Lindhe J. Bacterial colonization on internal surfaces of Branemark system implant components. *Clin Oral Implants Res*. 1996 Jun;7(2):90-5.

115. Hammerle CH, Bragger U, Burgin W, Lang NP. The effect of subcrestal placement of the polished surface of ITI implants on marginal soft and hard tissues. *Clin Oral Implants Res*. 1996 Jun;7(2):111-9.

116. Guindy JS, Besimo CE, Besimo R, Schiel H, Meyer J. Bacterial leakage

into and from prefabricated screw-retained implant-borne crowns in vitro. J Oral Rehabil. 1998 Jun;25(6):403-8.

117. Gross M, Abramovich I, Weiss EI. Microleakage at the abutment-implant interface of osseointegrated implants: a comparative study. Int J Oral Maxillofac Implants. 1999 Jan-Feb;14(1):94-100.

118. Callan DP, O'Mahony A, Cobb CM. Loss of crestal bone around dental implants: a retrospective study. Implant Dent. 1998;7(4):258-66.

119. Sarment DP, Meraw SJ. Biological space adaptation to implant dimensions. Int J Oral Maxillofac Implants. 2008 Jan-Feb;23(1):99-104.

120. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. J Periodontol. 2000 Apr;71(4):546-9.

121. Hermann JS, Schoolfield JD, Schenk RK, Buser D, Cochran DL. Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible. J Periodontol. 2001 Oct;72(10):1372-83.

122. Piattelli A, Vrespa G, Petrone G, Lezzi G, Annibali S, Scarano A. Role of the microgap between implant and abutment: A retrospective histologic evaluation in monkeys. J Periodontol. 2003;74:346-52.

123. Alomrani AN, Hermann JS, Jones AA, Buser D, Schoolfield J, Cochran DL. The effect of a machined collar on coronal hard tissue around titanium implants: a radiographic study in the canine mandible. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005 Sep-Oct;20(5):677-86.

Bibliografia

124. Manz MC. Factors associated with radiographic vertical bone loss around implants placed in a clinical study. *Ann Periodontol.* 2000 Dec;5(1):137-51.
125. Cardaropoli G, Lekholm U, Wennstrom JL. Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Apr;17(2):165-71.
126. Brogini N, McManus LM, Hermann JS, Medina R, Schenk RK, Buser D, et al. Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res.* 2006 May;85(5):473-8.
127. Gottlieb B. Der Epithelansatz am Zahne. *Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde.* 1921;5:142-7.
128. Orban B, Mueller E. The gingival crevice. *J Am Dent Assoc.* 1929;16:1206-42.
129. Waerhaug J. The gingival pocket; anatomy, pathology, deepening and elimination. *Odontol Tidskr.* 1952;60(Suppl 1):1-186; 70.
130. Orban B, Bhatia H, Kollar JA, Wentz FM. The epithelial attachment (the attached epithelial cuff). *J Periodontol.* 1956;27:167-80.
131. Sicher H. Changing concepts of the supporting dental structures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1959 Jan;12(1):31-5.
132. Gargiulo AW, Wentz F, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol.* 1961;32:261-7.

133. Pennel BM, King KO, Wilderman MN, Barron JM. Repair of the alveolar process following osseous surgery. *J Periodontol.* 1967 Sep-Oct;38(5):426-31.
134. Bjorn AL, Bjorn H, Grkovic B. Marginal fit of restorations and its relation to peridental bone level. I. Metal fillings. *Odontol Revy.* 1969;20(3):311-21.
135. Karlsen K. Gingival reactions to dental restorations. *Acta Odontol Scand.* 1970 Dec;28(6):895-904.
136. Levine HL, Stahl SS. Repair following periodontal flap surgery with the retention of gingival fibers. *J Periodontol.* 1972 Feb;43(2):99-103.
137. Dragoo MR, Williams GB. Periodontal tissue reactions to restorative procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1981 Apr;1(1):8-23.
138. Wilson RD, Maynard G. Intracrevicular restorative dentistry. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1981;1(4):34-49.
139. van der Velden U. Regeneration of the interdental soft tissues following denudation procedures. *J Clin Periodontol.* 1982 Nov;9(6):455-9.
140. Pama-Benfenati S, Fugazzotto PA, Ferreira PM, Ruben MP, Kramer GM. The effect of restorative margins on the postsurgical development and nature of the periodontium. Part II. Anatomical considerations. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1986;6(1):64-75.
141. Oakley E, Rhyu IC, Karatzas S, Gandini-Santiago L, Nevins M, Caton J. Formation of the biologic width following crown lengthening in nonhuman primates. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1999 Dec;19(6):529-41.

Bibliografia

142. Ingber JS, Rose LF, Coslet JG. The "biologic width"--a concept in periodontics and restorative dentistry. *Alpha Omegan*. 1977 Dec;70(3):62-5.
143. Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P. The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *J Periodontol*. 1992 Dec;63(12):995-6.
144. Bragger U, Lauchenauer D, Lang NP. Surgical lengthening of the clinical crown. *J Clin Periodontol*. 1992 Jan;19(1):58-63.
145. Vacek JS, Gher ME, Assad DA, Richardson AC, Giambarrresi LI. The dimensions of the human dentogingival junction. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1994 Apr;14(2):154-65.
146. Kois J. Altering gingival levels: The restorative connection, Part I: Biologic variables. *J Esthet Dent*. 1994;6:3-9.
147. Listgarten MA, Buser D, Steinemann SG, Donath K, Lang NP, Weber HP. Light and transmission electron microscopy of the intact interfaces between non-submerged titanium-coated epoxy resin implants and bone or gingiva. *J Dent Res*. 1992 Feb;71(2):364-71.
148. Bengazi F, Wennstrom JL, Lekholm U. Recession of the soft tissue margin at oral implants. A 2-year longitudinal prospective study. *Clin Oral Implants Res*. 1996 Dec;7(4):303-10.
149. James RA. Peri-implant considerations. *Dent Clin North Am*. 1980 Jul;24(3):415-20.

150. Hansson HA, Albrektsson T, Branemark PI. Structural aspects of the interface between tissue and titanium implants. *J Prosthet Dent.* 1983 Jul;50(1):108-13.
151. McKinney RV, Steflik DE, Koth DL. Evidence for a junctional epithelial attachment to ceramic dental implants. A transmission electron microscopic study. *J Periodontol.* 1985 Oct;56(10):579-91.
152. Abrahamsson I, Berglundh T, Wennstrom J, Lindhe J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 1996 Sep;7(3):212-9.
153. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *J Clin Periodontol.* 1996 Oct;23(10):971-3.
154. Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Higginbottom FL, Buser D. Biologic width around titanium implants. A histometric analysis of the implanto-gingival junction around unloaded and loaded nonsubmerged implants in the canine mandible. *J Periodontol.* 1997 Feb;68(2):186-98.
155. Abrahamsson I, Berglundh T, Moon IS, Lindhe J. Peri-implant tissues at submerged and non-submerged titanium implants. *J Clin Periodontol.* 1999 Sep;26(9):600-7.
156. Cochran D, Simpson J, Weber H. Attachment and growth of periodontal cells on smooth and rough titanium. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994;9:289-96.
157. Lindhe J, editor. *Periodontología Clínica e Implantología Odontológica.*

Bibliografía

Madrid: Editorial Médica Paraamericana S.A; 2000.

158. Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I. The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *J Clin Periodontol*. 1994 Mar;21(3):189-93.

159. Lindhe J, Karring T. Anatomy of the periodontium. In: Lindhe J, Karring T, Lang NP, editor. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*, 3rd ed. Copenhagen: Munksgaard; 1998. p. 19-68.

160. Seibert JS. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts. Part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent*. 1983 Sep-Oct;4(5):437-53.

161. Palacci P, Ericsson I. Anterior maxilla classification. In: Palacci P, Ericsson I, editor. *Esthetic implant dentistry: Soft and hard tissue management*. Chicago: Quintessence; 2001. p. 89-100.

162. Jemt T. Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1997 Aug;17(4):326-33.

163. Olsson M, Lindhe J. Periodontal characteristics in individuals with varying form of the upper central incisors. *J Clin Periodontol*. 1991 Jan;18(1):78-82.

164. Nemcovsky CE, Moses O, Artzi Z. Interproximal papillae reconstruction in maxillary implants. *J Periodontol*. 2000 Feb;71(2):308-14.

165. Furhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G.

Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. Clin Oral Implants Res. 2005 Dec;16(6):639-44.

166. Grunder U. Stability of the mucosal topography around single-tooth implants and adjacent teeth: 1-year results. Int J Periodontics Restorative Dent. 2000 Feb;20(1):11-7.

167. Lee DW, Kim CK, Park KH, Cho KS, Moon IS. Non-invasive method to measure the length of soft tissue from the top of the papilla to the crestal bone. J Periodontol. 2005 Aug;76(8):1311-4.

168. Choquet V, Hermans M, Adriaenssens P, Daelemans P, Tarnow DP, Malevez C. Clinical and radiographic evaluation of the papilla level adjacent to single-tooth dental implants. A retrospective study in the maxillary anterior region. J Periodontol. 2001 Oct;72(10):1364-71.

169. Olsson M, Lindhe J, Marinello CP. On the relationship between crown form and clinical features of the gingiva in adolescents. J Clin Periodontol. 1993 Sep;20(8):570-7.

170. Ryser MR, Block MS, Mercante DE. Correlation of papilla to crestal bone levels around single tooth implants in immediate or delayed crown protocols. J Oral Maxillofac Surg. 2005 Aug;63(8):1184-95.

171. Tarnow D, Elian N, Fletcher P, Froum S, Magner A, Cho SC, et al. Vertical distance from the crest of bone to the height of the interproximal papilla between adjacent implants. J Periodontol. 2003 Dec;74(12):1785-8.

172. Scarano A, Assenza B, Piattelli M, Thams U, San Roman F, Favero GA, et

Bibliografía

al. Interimplant distance and crestal bone resorption: a histologic study in the canine mandible. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2004;6(3):150-6.

173. Gastaldo JF, Cury PR, Sendyk WR. Effect of the vertical and horizontal distances between adjacent implants and between a tooth and an implant on the incidence of interproximal papilla. *J Periodontol*. 2004 Sep;75(9):1242-6.

174. Lee DW, Park KH, Moon IS. Dimension of interproximal soft tissue between adjacent implants in two distinctive implant systems. *J Periodontol*. 2006 Jun;77(6):1080-4.

175. Lee DW, Park KH, Moon IS. Dimension of keratinized mucosa and the interproximal papilla between adjacent implants. *J Periodontol*. 2005 Nov;76(11):1856-60.

176. Muller HP, Heinecke A, Schaller N, Eger T. Masticatory mucosa in subjects with different periodontal phenotypes. *J Clin Periodontol*. 2000 Sep;27(9):621-6.

177. Ellegaard B, Baelum V, Karring T. Implant therapy in periodontally compromised patients. *Clin Oral Implants Res*. 1997 Jun;8(3):180-8.

178. Keith SE, Miller BH, Woody RD, Higginbottom FL. Marginal discrepancy of screw-retained and cemented metal-ceramic crowns on implants abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1999 May-Jun;14(3):369-78.

179. Eckert SE, Choi YG, Sanchez AR, Koka S. Comparison of dental implant systems: quality of clinical evidence and prediction of 5-year survival. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 May-Jun;20(3):406-15.

180. Wilderman MN, Pennel BM, King K, Barron JM. Histogenesis of repair following osseous surgery. *J Periodontol.* 1970 Oct;41(10):551-65.
181. Moghaddas H, Stahl SS. Alveolar bone remodeling following osseous surgery. A clinical study. *J Periodontol.* 1980 Jul;51(7):376-81.
182. Nevins M, Skurow HM. The intracrevicular restorative margin, the biologic width, and the maintenance of the gingival margin. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1984;4(3):30-49.
183. Pontes AE, Ribeiro FS, da Silva VC, Margonar R, Piattelli A, Cirelli JA, et al. Clinical and radiographic changes around dental implants inserted in different levels in relation to the crestal bone, under different restoration protocols, in the dog model. *J Periodontol.* 2008 Mar;79(3):486-94.
184. Hanggi MP, Hanggi DC, Schoolfield JD, Meyer J, Cochran DL, Hermann JS. Crestal bone changes around titanium implants. Part I: A retrospective radiographic evaluation in humans comparing two non-submerged implant designs with different machined collar lengths. *J Periodontol.* 2005 May;76(5):791-802.
185. Hoshaw SJ, Fyhrie DP, Takano Y, Burr DB, Milgrom C. A method suitable for in vivo measurement of bone strain in humans. *J Biomech.* 1997 May;30(5):521-4.
186. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006 Feb;26(1):9-17.

Bibliografia

187. Ericsson I, Persson LG, Berglundh T, Marinello CP, Lindhe J, Klinge B. Different types of inflammatory reactions in peri-implant soft tissues. *J Clin Periodontol*. 1995 Mar;22(3):255-61.
188. Hermann F, Lerner H, Palti A. Factors influencing the preservation of the periimplant marginal bone. *Implant Dent*. 2007 Jun;16(2):165-75.
189. Chou CT, Morris HF, Ochi S, Walker L, DesRosiers D. AICRG, Part II: Crestal bone loss associated with the Ankylos implant: loading to 36 months. *J Oral Implantol*. 2004;30(3):134-43.
190. Evans CD, Chen ST. Esthetic outcomes of immediate implant placements. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Jan;19(1):73-80.
191. Barbier L, Schepers E. Adaptive bone remodeling around oral implants under axial and nonaxial loading conditions in the dog mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1997 Mar-Apr;12(2):215-23.
192. Wiskott HW, Belser UC. Lack of integration of smooth titanium surfaces: a working hypothesis based on strains generated in the surrounding bone. *Clin Oral Implants Res*. 1999 Dec;10(6):429-44.
193. Duyck J, Van Oosterwyck H, Vander Sloten J, De Cooman M, Puers R, Naert I. Influence of prosthesis material on the loading of implants that support a fixed partial prosthesis: in vivo study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2000;2(2):100-9.
194. Gotfredsen K, Berglundh T, Lindhe J. Bone reactions adjacent to titanium implants subjected to static load of different duration. A study in the dog (III).

Clin Oral Implants Res. 2001 Dec;12(6):552-8.

195. Misch CE, Bidez MW, Sharawy M. A bioengineered implant for a predetermined bone cellular response to loading forces. A literature review and case report. J Periodontol. 2001 Sep;72(9):1276-86.

196. Trammell K, Geurs NC, O'Neal SJ, Liu PR, Haigh SJ, McNeal S, et al. A prospective, randomized, controlled comparison of platform-switched and matched-abutment implants in short-span partial denture situations. Int J Periodontics Restorative Dent. 2009 Dec;29(6):599-605.

197. Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. J Clin Periodontol. 1997 Aug;24(8):568-72.

198. Maeda Y, Miura J, Taki I, Sogo M. Biomechanical analysis on platform switching: is there any biomechanical rationale? Clin Oral Implants Res. 2007 Oct;18(5):581-4.

199. Baumgarten H, Cocchetto R, Testori T, Meltzer A, Porter S. A new implant design for crestal bone preservation: initial observations and case report. Pract Proced Aesthet Dent. 2005 Nov-Dec;17(10):735-40.

200. Novaes AB, de Oliveira RR, Muglia VA, Papalexiou V, Taba M. The effects of interimplant distances on papilla formation and crestal resorption in implants with a morse cone connection and a platform switch: a histomorphometric study in dogs. J Periodontol. 2006 Nov;77(11):1839-49.

201. Cappiello M, Luongo R, Di Iorio D, Bugea C, Cocchetto R, Celletti R.

Bibliografia

Evaluation of peri-implant bone loss around platform-switched implants. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2008 Aug;28(4):347-55.

202. Cochran DL, Bosshardt DD, Grize L, Higginbottom FL, Jones AA, Jung RE, et al. Bone response to loaded implants with non-matching implant-abutment diameters in the canine mandible. *J Periodontol*. 2009 Apr;80(4):609-17.

203. Degidi M, Iezzi G, Scarano A, Piattelli A. Immediately loaded titanium implant with a tissue-stabilizing/maintaining design ('beyond platform switch') retrieved from man after 4 weeks: a histological and histomorphometrical evaluation. A case report. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Mar;19(3):276-82.

204. Irving JT. Factors concerning bone loss associated with periodontal disease. *J Dent Res*. 1970 Mar-Apr;49(2):262-7.

205. Carter DR, Van Der Meulen MC, Beaupre GS. Mechanical factors in bone growth and development. *Bone*. 1996 Jan;18(1 Suppl):5S-10S.

206. Roos-Jansaker AM, Lindahl C, Renvert H, Renvert S. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part I: implant loss and associations to various factors. *J Clin Periodontol*. 2006 Apr;33(4):283-9.

207. Baggi L, Cappelloni I, Di Girolamo M, Maceri F, Vairo G. The influence of implant diameter and length on stress distribution of osseointegrated implants related to crestal bone geometry: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent*. 2008 Dec;100(6):422-31.

208. Dibart S, Warbington M, Su MF, Skobe Z. In vitro evaluation of the

implant-abutment bacterial seal: the locking taper system. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 Sep-Oct;20(5):732-7.

209. Hagberg C. Assessment of bite force: a review. *J Craniomandib Disord*. 1987 Fall;1(3):162-9.

210. Vaillancourt H, Pilliar RM, McCammond D. Factors affecting crestal bone loss with dental implants partially covered with a porous coating: a finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1996 May-Jun;11(3):351-9.

211. Frost HM. A 2003 update of bone physiology and Wolff's Law for clinicians. *Angle Orthod*. 2004 Feb;74(1):3-15.

212. Schrotenboer J, Tsao YP, Kinariwala V, Wang HL. Effect of microthreads and platform switching on crestal bone stress levels: a finite element analysis. *J Periodontol*. 2008 Nov;79(11):2166-72.

213. Tabata LF, Assuncao WG, Adelino Ricardo Barao V, de Sousa EA, Gomes EA, Delben JA. Implant platform switching: biomechanical approach using two-dimensional finite element analysis. *J Craniofac Surg*. 2010 Jan;21(1):182-7.

214. Mombelli A, van Oosten MA, Schurch E, Land NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol*. 1987 Dec;2(4):145-51.

215. King GN, Hermann JS, Schoolfield JD, Buser D, Cochran DL. Influence of the size of the microgap on crestal bone levels in non-submerged dental implants: a radiographic study in the canine mandible. *J Periodontol*. 2002 Oct;73(10):1111-7.

Bibliografía

216. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Higginbottom FL, Cochran DL. Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clin Oral Implants Res.* 2000 Feb;11(1):1-11.
217. Broggin N, McManus LM, Hermann JS, Medina RU, Oates TW, Schenk RK, et al. Persistent acute inflammation at the implant-abutment interface. *J Dent Res.* 2003 Mar;82(3):232-7.
218. Weng D, Nagata MJ, Bell M, Bosco AF, de Melo LG, Richter EJ. Influence of microgap location and configuration on the periimplant bone morphology in submerged implants. An experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2008 Nov;19(11):1141-7.
219. Canullo L, Rasperini G. Preservation of peri-implant soft and hard tissues using platform switching of implants placed in immediate extraction sockets: a proof-of-concept study with 12- to 36-month follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007 Nov-Dec;22(6):995-1000.
220. Calvo-Guirado JL, Ortiz-Ruiz AJ, Lopez-Mari L, Delgado-Ruiz R, Mate-Sanchez J, Bravo Gonzalez LA. Immediate maxillary restoration of single-tooth implants using platform switching for crestal bone preservation: a 12-month study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Mar-Apr;24(2):275-81.
221. Vela-Nebot X, Rodriguez-Ciurana X, Rodado-Alonso C, Segala-Torres M. Benefits of an implant platform modification technique to reduce crestal bone resorption. *Implant Dent.* 2006 Sep;15(3):313-20.
222. Hurzeler M, Fickl S, Zuhr O, Wachtel HC. Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments: preliminary data from a prospective

study. J Oral Maxillofac Surg. 2007 Jul;65(7 Suppl 1):33-9.

223. Canullo L, Goglia G, Iurlaro G, Iannello G. Short-term bone level observations associated with platform switching in immediately placed and restored single maxillary implants: a preliminary report. Int J Prosthodont. 2009 May-Jun;22(3):277-82.

224. Prosper L, Redaelli S, Pasi M, Zarone F, Radaelli G, Gherlone EF. A randomized prospective multicenter trial evaluating the platform-switching technique for the prevention of postrestorative crestal bone loss. Int J Oral Maxillofac Implants. 2009 Mar-Apr;24(2):299-308.

225. Canullo L, Iurlaro G, Iannello G. Double-blind randomized controlled trial study on post-extraction immediately restored implants using the switching platform concept: soft tissue response. Preliminary report. Clin Oral Implants Res. 2009 Apr;20(4):414-20.

226. Canullo L, Fedele GR, Iannello G, Jepsen S. Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. Clin Oral Implants Res. 2010 Jan;21(1):115-21.

227. Atieh MA, Ibrahim HM, Atieh AH. Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. J Periodontol. 2010 Oct;81(10):1350-66.

228. Cocchetto R, Traini T, Caddeo F, Celletti R. Evaluation of hard tissue response around wider platform-switched implants. Int J Periodontics Restorative Dent. 2010 Apr;30(2):163-71.

Bibliografia

229. Canay S, Akca K. Biomechanical aspects of bone-level diameter shifting at implant-abutment interface. *Implant Dent.* 2009 Jun;18(3):239-48.
230. Crespi R, Cappare P, Gherlone E. Radiographic evaluation of marginal bone levels around platform-switched and non-platform-switched implants used in an immediate loading protocol. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Sep-Oct;24(5):920-6.
231. Vigolo P, Givani A. Platform-switched restorations on wide-diameter implants: a 5-year clinical prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Jan-Feb;24(1):103-9.
232. Kielbassa AM, Martinez-de Fuentes R, Goldstein M, Arnhart C, Barlattani A, Jackowski J, et al. Randomized controlled trial comparing a variable-thread novel tapered and a standard tapered implant: interim one-year results. *J Prosthet Dent.* 2009 May;101(5):293-305.
233. Enkling N, Bouslau V, Klimberg T. Platform switching: a randomised clinical trial - one year results. *Journal of Dental Research.* 2010 March;87((Spec issue B) 2970 <http://www.dentalresearch.org>, 2009. Accessed 21).
234. Carinci F, Brunelli G, Danza M. Platform switching and bone platform switching. *J Oral Implantol.* 2009;35(5):245-50.
235. Danza M, Riccardo G, Carinci F. Bone platform switching: a retrospective study on the slope of reverse conical neck. *Quintessence Int.* 2010 Jan;41(1):35-40.

236. Buser D, von Arx T. Surgical procedures in partially edentulous patients with ITI implants. Clin Oral Implants Res. 2000;11 Suppl 1:83-100.
237. Weingart D, ten Bruggenkate CM. Treatment of fully edentulous patients with ITI implants. Clin Oral Implants Res. 2000;11 Suppl 1:69-82.
238. Buser D, von Arx T, ten Bruggenkate C, Weingart D. Basic surgical principles with ITI implants. Clin Oral Implants Res. 2000;11 Suppl 1:59-68.
239. Rilo B, da Silva JL, Mora MJ, Santana U. Guidelines for occlusion strategy in implant-borne prostheses. A review. Int Dent J. 2008 Jun;58(3):139-45.
240. Sahrman P, Attin T, Schmidlin PR. Regenerative treatment of peri-implantitis using bone substitutes and membrane: a systematic review. Clin Implant Dent Relat Res. 2011 Mar;13(1):46-57.
241. Beust T, editor. Dental Histology and Embryology. Philadelphia: Saunders; 1934.
242. Bodecker C, editor. Fundamentals of Dental Histology and Embryology Including Clinical Applications. New York: School of Dental and Oral Surgery, Columbia University; 1940.
243. Brescia N, editor. Applied Dental Anatomy. St. Louis, MO: Mosby; 1961.
244. Provenza D, editor. Fundamentals of Oral Histology and Embryology. 2nd ed. Philadelphia: PS, Lea & Febiger; 1988.

Bibliografia

245. Brand RW, Isselhard DE, editor. *Anatomy of Orofacial Structures*. 4th ed. Saint Louis, MO: Mosby; 1990.
246. Lake F. Basic bone biology in implantology. In: McKinney R, editor. *Endosteal Dental Implants*. St. Louis, MO: Mosby; 1991.
247. Chiarenza AR. Retrospective observations on the influence of bone type in determining the nature of bone implant interface. *Int J Oral Implantol*. 1989;6(1):43-8.
248. Malmqvist JP, Sennerby L. Clinical report on the success of 47 consecutively placed Core-Vent implants followed from 3 months to 4 years. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990 Spring;5(1):53-60.
249. Carlsson GA. Dosimetry at interfaces. *Acta Radiol*. 1973;332:1-64.
250. Strid K. Radiographic results. Osseointegration in clinical dentistry. In: Bränemark PI, Zarb GA, Alberktsson T, editor. *Tissue Integrated Protheses*. Chicago: Quintessence; 1985. p. 187-98.
251. Strid K. Radiographic procedures. In: Bränemark PI, Zarb GA, Alberktsson T, editor. *Tissue Integrated Protheses*. Chicago: Quintessence; 1985. p. 317-27.
252. Bjorn H, Holmberg K. Radiographic determination of periodontal bone destruction in epidemiological research. *Odontol Revy*. 1966;17(3):232-50.
253. Schei O, Waerhaug J, Løval A. Alveolar bone loss as related to oral hygiene and age. *J Periodontol*. 1959;30:7-10.

254. Bjorn A. Dental health in relation to age and dental care. *Odont Rev.* 1974;25:8-11
255. Meijer HJ, Steen WH, Bosman F. A comparison of methods to assess marginal bone height around endosseous implants. *J Clin Periodontol.* 1993 Apr;20(4):250-3.
256. Bragger U. Use of radiographs in evaluating success, stability and failure in implant dentistry. *Periodontol 2000.* 1998 Jun;17:77-88.
257. Siddiqui AA, Caudill R, Beatty K. Use of an optical comparator for radiographic measurement of bone loss around endosseous implants: a pilot study. *Implant Dentistry.* 1995;4:85-8.
258. Behneke A, Behneke N, d'Hoedt B, Wagner W. Hard and soft tissue reactions to ITI screw implants: 3-year longitudinal results of a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997 Nov-Dec;12(6):749-57.
259. Levy D, Deporter DA, Pharoah M, Tomlinson G. A comparison of radiographic bone height and probing attachment level measurements adjacent to porous-coated dental implants in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997 Jul-Aug;12(4):541-6.
260. Makkonen TA, Holmberg S, Niemi L, Olsson C, Tammissalo T, Peltola J. A 5-year prospective clinical study of Astra Tech dental implants supporting fixed bridges or overdentures in the edentulous mandible. *Clin Oral Implants Res.* 1997 Dec;8(6):469-75.
261. Meijer HJA, Bosma F, Steen WHA. Evaluation of bone loss around the

Bibliografía

neck of endosseous implants in the mandible. Analysis of bone loss around implants. *Oral Surg Oral Diagnosis*. 1991;2:55-7.

262. Reddy MS, Mayfield-Donahoo TL, Jeffcoat MK. A semi-automated computer-assisted method for measuring bone loss adjacent to dental implants. *Clin Oral Implants Res*. 1992 Mar;3(1):28-31.

263. Price W. The technique necessary for making good dental skiagraphs. *Items Interest*. 1904;26:161-71.

264. Sewerin I. Radiographic image characteristics of Branemark titanium fixtures. *Swed Dent J*. 1992;16(1-2):7-12.

265. Gher ME, Richardson AC. The accuracy of dental radiographic techniques used for evaluation of implant fixture placement. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1995 Jun;15(3):268-83.

266. Sewerin IP, Gotfredsen K, Stoltze K. Accuracy of radiographic diagnosis of peri-implant radiolucencies--an in vitro experiment. *Clin Oral Implants Res*. 1997 Aug;8(4):299-304.

267. Begona Ormaechea M, Millstein P, Hirayama H. Tube angulation effect on radiographic analysis of the implant-abutment interface. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1999 Jan-Feb;14(1):77-85.

268. Benkow H. A new principle for clinical roentgenographic tooth measurement. *Odontol Tidsk*. 1960;68:423-49.

269. Rosling B, Hollender L, Nyman S, Olsson G. A radiographic method for

assessing changes in alveolar bone height following periodontal therapy. *J Clin Periodontol.* 1975;2(4):211-7.

270. Cameron SM, Joyce A, Brousseau JS, Parker MH. Radiographic verification of implant abutment seating. *J Prosthet Dent.* 1998 Mar;79(3):298-303.

271. Tonetti MS, Pini Prato G, Williams RC, Cortellini P. Periodontal regeneration of human infrabony defects. III. Diagnostic strategies to detect bone gain. *J Periodontol.* 1993 Apr;64(4):269-77.

272. Evans GH, Mendez AJ, Caudill RF. Loaded and nonloaded titanium versus hydroxyapatite-coated threaded implants in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1996 May-Jun;11(3):360-71.

273. Caulier H, Naert I, Kalk W, Jansen JA. The relationship of some histologic parameters, radiographic evaluations, and Periotest measurements of oral implants: an experimental animal study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997 May-Jun;12(3):380-6.

274. Toback GA, Brunsvold MA, Nummikoski PV, Masters LB, Mellonig JT, Cochran DL. The accuracy of radiographic methods in assessing the outcome of periodontal regenerative therapy. *J Periodontol.* 1999 Dec;70(12):1479-89.

275. Isidor F. Clinical probing and radiographic assessment in relation to the histologic bone level at oral implants in monkeys. *Clin Oral Implants Res.* 1997 Aug;8(4):255-64.

276. Reddy MS, Wang IC. Radiographic determinants of implant performance.

Bibliografia

Adv Dent Res. 1999 Jun;13:136-45.

277. Bragger U. Radiographic parameters for the evaluation of peri-implant tissues. *Periodontol* 2000. 1994 Feb;4:87-97.

278. Grondahl K, Sundén S, Grondahl HG. Inter- and intraobserver variability in radiographic bone level assessment at Branemark fixtures. *Clin Oral Implants Res*. 1998 Aug;9(4):243-50.

279. Kullman L, Tronje G, Teivens A, Lundholm A. Methods of reducing observer variation in age estimation from panoramic radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 1996 Sep;25(4):173-8.

280. Lofthag-Hansen S, Lindh C, Petersson A. Radiographic assessment of the marginal bone level after implant treatment: a comparison of periapical and Scanora detailed narrow beam radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003 Mar;32(2):97-103.

281. Swets JA, Pickett RM. Assessing diagnostic technologies. *Science*. 1980 Mar 28;207(4438):1416.

282. Wouters FR, Lavstedt S, Frithiof L, Söder PO, Hellden L, Salonen L. A computerized system to measure interproximal alveolar bone levels in epidemiologic, radiographic investigations. II. Intra- and inter-examiner variation study. *Acta Odontol Scand*. 1988 Feb;46(1):33-9.

283. Fredriksson M, Zimmerman M, Martinsson T. Precision of computerized measurement of marginal alveolar bone height from bite-wing radiographs. *Swed Dent J*. 1989;13(4):163-7.

284. Ahlqvist J, Borg K, Gunne J, Nilson H, Olsson M, Astrand P. Osseointegrated implants in edentulous jaws: a 2-year longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990 Summer;5(2):155-63.
285. Penarrocha M, Palomar M, Sanchis JM, Guarinos J, Balaguer J. Radiologic study of marginal bone loss around 108 dental implants and its relationship to smoking, implant location, and morphology. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004 Nov-Dec;19(6):861-7.
286. Kullman L, Al-Asfour A, Zetterqvist L, Andersson L. Comparison of radiographic bone height assessments in panoramic and intraoral radiographs of implant patients. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007 Jan-Feb;22(1):96-100.
287. Persson RE, Tzannetou S, Feloutzis AG, Bragger U, Persson GR, Lang NP. Comparison between panoramic and intra-oral radiographs for the assessment of alveolar bone levels in a periodontal maintenance population. *J Clin Periodontol*. 2003 Sep;30(9):833-9.
288. Tannlege SE. Pre-marked dental X-ray measuring film for paralleling technique. *Quintessence Int Dent Dig*. 1976 Oct;7(10):67-70.
289. Eggen S. Simplification and standardization of intraoral radiography technics. *Quintessenz*. 1969 Jul;20(7):109-12.
290. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI, Lindhe J, Eriksson B, et al. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures (I). A 3-year longitudinal prospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1986 Feb;15(1):39-52.

Bibliografia

291. Lekholm U, Adell R, Lindhe J, Branemark PI, Eriksson B, Rockler B, et al. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II) A cross-sectional retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1986 Feb;15(1):53-61.
292. Jemt T, Lekholm U, Grondahl K. 3-year followup study of early single implant restorations ad modum Branemark. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1990;10(5):340-9.
293. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D, Teerlinck J, Dekeyser C, Theuniers G. Periodontal aspects of osseointegrated fixtures supporting an overdenture. A 4-year retrospective study. *J Clin Periodontol*. 1991 Nov;18(10):719-28.
294. Hurzeler MB, Quinones CR, Schupbach P, Vlassis JM, Strub JR, Caffesse RG. Influence of the suprastructure on the peri-implant tissues in beagle dogs. *Clin Oral Implants Res*. 1995 Sep;6(3):139-48.
295. Buser D, Mericske-Stern R, Dula K, Lang NP. Clinical experience with one-stage, non-submerged dental implants. *Adv Dent Res*. 1999 Jun;13:153-61.
296. Mericske-Stern R, Grutter L, Rosch R, Mericske E. Clinical evaluation and prosthetic complications of single tooth replacements by non-submerged implants. *Clin Oral Implants Res*. 2001 Aug;12(4):309-18.
297. Ozkan Y, Ozcan M, Akoglu B, Ucankale M, Kulak-Ozkan Y. Three-year treatment outcomes with three brands of implants placed in the posterior maxilla and mandible of partially edentulous patients. *J Prosthet Dent*. 2007 Feb;97(2):78-84.

298. Jebreen SE, Khraisat A. Multicenter retrospective study of ITI implant-supported posterior partial prosthesis in Jordan. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2007 Jun;9(2):89-93.
299. Cosyn J, Sabzevar MM, De Wilde P, De Rouck T. Two-piece implants with turned versus microtextured collars. *J Periodontol*. 2007 Sep;78(9):1657-63.
300. Lopez-Mari L, Calvo-Guirado JL, Martin-Castellote B, Gomez-Moreno G, Lopez-Mari M. Implant platform switching concept: an updated review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2009 Sep;14(9):e450-4.
301. Fickl S, Zuhr O, Stein JM, Hurzeler MB. Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010 May-Jun;25(3):577-81.
302. Linkevicius T, Apse P, Grybauskas S, Puisys A. Influence of thin mucosal tissues on crestal bone stability around implants with platform switching: a 1-year pilot study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010 Sep;68(9):2272-7.
303. Wagenberg B, Froum SJ. Prospective study of 94 platform-switched implants observed from 1992 to 2006. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2010 Feb;30(1):9-17.
304. Hagiwara Y. Does platform switching really prevent crestal bone loss around implants? *Jpn Dent Sci Rev*. 2010;46:122-31.
305. Kan JY, Rungcharassaeng K, Umezu K, Kois JC. Dimensions of peri-implant mucosa: an evaluation of maxillary anterior single implants in humans. *J*

Bibliografia

Periodontol. 2003 Apr;74(4):557-62.

306. Grossberg DE. Interimplant papilla reconstruction: assessment of soft tissue changes and results of 12 consecutive cases. J Periodontol. 2001 Jul;72(7):958-62.

307. Priest G. Predictability of soft tissue form around single-tooth implant restorations. Int J Periodontics Restorative Dent. 2003 Feb;23(1):19-27.

308. Henriksson K, Jemt T. Measurements of soft tissue volume in association with single-implant restorations: a 1-year comparative study after abutment connection surgery. Clin Implant Dent Relat Res. 2004;6(4):181-9.

309. Canullo L, Pellegrini G, Allievi C, Trombelli L, Annibali S, Dellavia C. Soft tissues around long-term platform switching implant restorations: a histological human evaluation. Preliminary results. J Clin Periodontol. 2011 Jan;38(1):86-94.

IX. SUMMARY.

I. INTRODUCTION.

I.1 General Introduction.

Since the introduction of osseointegrated implants for the restoration of missing teeth, treatment options for the partially or fully edentulous patient have expanded exponentially. As for all clinical modalities, implant restoration has many variables that must be carefully controlled.

Several theories exist to support the reason for the observed changes in crestal bone height following implant restoration. The radiographic observation that postrestorative “remodeled” crestal bone generally coincides with the level of the first thread on most standard implants has led some authors to suggest that when dental implants are placed into function, crestal bone remodels as a result of stress concentration at the coronal region of the implant. Other authors have suggested that postrestorative crestal bone remodeling is a result of localized inflammation within the soft tissue located at the implant-abutment interface and is a consequence of the soft tissue’s attempt to establish a mucosal barrier, i.e., biologic width (seal) around the top of the dental implant. The majority of crestal bone loss occurs during the first year of implant function, and bone crest resorption of about 1.5 to 2 mm typically occurs. The resulting crestal bone levels around dental implants following restoration has been a topic of discussion and used as a reference for evaluating implant success for many years. The implant literature contains numerous articles describing the 1-year post-restorative bone levels around threaded dental implants. These articles report that crestal bone levels are typically located approximately 1.5 to 2.0 mm below implant abutment junction at 1 year following implant restoration, but are dependent upon the

Summary

location of the implant-abutment junction relative to the bony crest.

In the 90s, the wide-diameter implants were commercially introduced. Initially, the implants were restored with standard-diameter abutments due to the lack of matching prosthetic components. Contrary to what was expected, the post-loading radiographic evaluation showed no changes in the crestal bone levels around those implants. This finding has led to the introduction of the concept of platform switching, in which a smaller diameter prosthetic component is connected to a larger-diameter implant platform. Different researches have reported that the use of prosthetic abutments with reduced width in relation to the implant diameter seems to have the greatest potential to limit the crestal resorption. This connection shifts the margin of the implant abutment junction inwards, towards the central axis of the implant. This inward movement is believed to shift the inflammatory cell infiltrate to the central axis of the implant and away from the adjacent crestal bone, which is thought to limit crestal bone resorption. In addition to the platform switching configuration, there is the biomechanical advantage of shifting the stress concentration area away from the cervical bone-implant surface. As microorganisms are likely to move towards the high-energy area or by the mechanism such as interface micro-movements that allow the microorganism move in that area, it is advantageous to have a large distance between the stress concentration area and bone surface.

I.2 Radiographic method.

One of the successful criteria in the osseointegration is the maintenance, year in year out, of a stable height of marginal bone under functional loads. Maintenance of marginal bone height is essential for a

successful function of osseointegrated implants. Two aspects are very important: first, the assessment of bone level changes over time requires radiographic methods with a high degree of precision and second, the correct definition and localization on the plate of the structures which were intended to be assessed.

Intraoral X-ray by using the parallel technique is the recommended method to visualize minute bone changes, despite the continual improvements of extra-oral radiographic systems. By using this technique, high accurateness in measurements can be obtained. The parallel technique is defined as the parallelism between the object to be studied and the plan of the film meanwhile the central axis of the X-rays is perpendicularly adjusted to both plans. Unfortunately, it is much easier to get a perpendicular position of the X-rays central axis to the film rather than the object. When the object is a dental implant, it is even more difficult because the body of the implant is situated within the alveolar bone so it cannot be seen. Due to the above mentioned problems, many studies have been based on the evolution of the X-rays taken with the perpendicular technique (right-angle technique), described in the 1950s and 60s by Benkow for the study of the bone crest on teeth and later improved by Larheim & Eggen. This shows, for the first time in dental implantology history, that standardized X-rays can be improved if an individualized bite record is used in combination with the bite block and the long cone technique. The use of correctly applied positioner X-rays provides a perpendicular alignment of the X-rays cone through the film and, consequently, a fixed position of the focal spot. Many factors can produce inaccuracy in determine the levels of proximal bone to oral implants and the unsolved key point is the image distortion, generally magnification,

Summary

due to the oblique position of the object and this happens often in the maxilla because of the strong inclination of the palate and/or a low palate. When taking radiographs of an extremely reabsorbed mandible, it is often impossible to place to film intra-orally because of the interference of the floor of the mouth.

Besides, another important factor to be considered is the correct definition and localization on the radiographic film of the structures which are intended to be assessed. Basically, when considering the radiographic evaluation of marginal bone height, the distance between two reference radiographic points is measured and the most common are the neck of the implant on the one hand, as this is an easy point to recognize due to its shape and it is a metallic structure that stands out clearly on the plate; on the other hand, the most apical contact point of the bone with the implant is defined. One may have trouble finding this point either for occasionally scarce bone definition or for superimposition of bone images corresponding to the crest on buccal side that may coincide with crest height in lingual side or palatine. Some authors have pointed out this important methodological limitation by stating that the main source of errors may be the correct recognition of the reference points in the interface between the alveolar bone and the implant.

1.3 Soft tissues introduction.

The restoration or the maintenance of the papilla is one of the critical points of the reconstructive treatments where many factors are involved. A research by Tarnow in 1992 of natural dentition studying the relationship between the interdental papilla and the dental contact point, concluded that the distance from the contact point of the bone crest was related to the

presence of the papilla (the papilla was present in the 100% of the cases if the distance from the point of contact to the papilla was 5 mm or less, and only present in 56% of the cases when the distance was 6 mm, and in 27% when the distance was 7 mm or more).

Different methods have been presented to measure the length of the papilla by photographs, there are researches that developed clinical scores in order to evaluate the surrounding gingival papilla area and others have used a probing technique to bone level. These methods present some disadvantages: they are invasive, may cause discomfort and possible structural damage, especially after conducting restorative proceedings.

Peri-implant bone level is an important pre-requisite for preserving the integrity of gingival margins and interdental papilla. The presence of crestal bone is one of the key factors that influence the appearance or maintenance of peri-implant soft tissue. A comprehensive understanding of crestal bone changes around implants and subsequent soft tissue reaction to these osseous changes must be achieved to predictably realize our aesthetic expectations. The factors involved in the resorption mechanism and bone deposition around the dental implants are not well known. There are some theories that try to explain the changes within the height of the crest bone after implants restoration. Establishment of the biological width, the location of the inflammatory cell infiltrate, the distance between implant-abutment junction and crestal bone, gingival biotype, and the stress concentration due to occlusal loads are some of those hypotheses. At the same time, it was observed that the resorption of the bone crest is reduced with the use of inward abutment contrary to conventional abutment, which introduces a new concept of platform switching.

Summary

II. JUSTIFICATION.

From previous considerations and actual state about the matter we have to underline the following premises:

- a. The essential necessity of a follow-up X ray study of the implants in a long period of time to be able to do a follow-up of the evolution of the peri-implant tissues.
- b. The quantification of bone loss, generally height of bone crest, appears as a must or is unavoidable in all successful and failed criteria which are applicable to any implant system. In order to measure crestal bone height, the first bone-implant contact is defined with regard to a previously established reference point which is easily registered.
- c. Intraoral X-ray using the paralleling technique in order to show minimal changes in the bone. Also, an individual registration of bite and the use of device allow the exactly reposition of radiographic film in different periods of time. However, there is two important points without a solution: the image distortion and the exactly definition of reference points to be measured into the radiographic plaque. It implicates that in certain anatomic situations, mainly in the posterior area, it can result in a very difficult radiographic assessment.
- d. It is necessary to know the accuracy of method or methods to be used. Also, it seems important know the influence that can have the

correct definition of the established reference points in order to obtain the results.

- e. In earlier implants systems with implant-abutment inter-phase in a bone level, it is habitual the appearance, once the implant and the abutment connection is exposed, of a remodeling of the crestal bone that implicates a resorption in a vertical and in a horizontal way that is around 1.5 to 2 mm (Luongo 2008). This resorption is strongly related with the space that exist between the prosthesis and the implant neck, this separation is associated with bacterial contamination that determines the inflammatory cell infiltrate that causes the resorption. Subsequent advances as the utilization of implants of one piece with a rough surface, that helps the bone integration, and establish a biologic seal around the polished part of the dental implant, in this way the distance between implant-abutment junction and crestal bone is increased. In this way, an improvement in control bone re-modelation is obvious.
- f. One recent contribution has been the publication of “platform switching” concept. Nevertheless, there are very few conclusive studies that offer solid scientific evidences in favor of using this implant system, although the number of publications in this field is growing up. A recent meta-analysis study (Atieh, 2010) has only found 10 papers that show a high evidence and 3 of them didn’t find that the platform switching system reduces the resorption of crestal bone. It is obvious that, at this moment, there is a necessity of more scientific evidences that support the use of this kind of implants.

Summary

III. OBJECTIVES.

The purpose of this work is the answer assessment of both bone and soft tissues in a conventional implants system and in a platform switching implants. In order to do this a serial of aims was established:

1. Analysis the precision of the standard and modified radiographic techniques.
2. Analysis the accuracy of the standard and modification radiographic techniques to define the reference radiographic points.
3. Measurement of crestal bone height in immediate post-cemented of the prothesis and 1-year follow-up with a conventional system implants, localized in the posterior side.
4. Measurement of crestal bone height in immediate post-cemented of the prothesis and 1-year follow-up with platform switching implants, localized in the posterior side.
5. Measurement of the distance from the top the papilla to the contact point after 15 days post-cemented of the prothesis and 1-year follow-up in platform switching implants.
6. Measurement of the apico-coronal crow length after 15 days post-cemented of the prothesis and 1-year follow-up in platform switching implants.

IV. MATERIAL AND METHOD.

A total of 43 patients were chosen from October 2008 to July 2009 at the Dental Prosthesis Unit of the Faculty of Medicine and Dentistry of the University of Santiago de Compostela, for rehabilitation by means of implant-retained fixed prosthesis. Two groups were assigned at random:

- Control group: formed by 17 patients (11 females and 6 males) with an average age 45.35 years old, which implants were restored in a conventional way.
- Test group: formed by 26 patients (19 females and 7 males) with an average age 52.03 years old, which implants were restored with the platform switching way.

Next parameters were used to value both groups:

1. Measurement of the bone level at the time of installation of final restoration and at 1-year follow-up.
2. Assessment of the soft tissues in the test group after 15 days of time of installation of final restoration and at 1-year follow-up.

The patients included in this study did not show relevant pathology that would normally prevent implant placement and smokers were not included. All the patients were informed of the study to be carried out and have agreed to take part in every test.

The control implant group was restored with standard matching-

Summary

diameter abutments and a total of 25 Straumann implants (Institut Straumann AG, Waldenburg/BL, Switzerland) of Standard Plus Type were used, 3.3, 4.1 and 4.8 mm in diameter and length between 8 and 12 mm. The test implant group were restored with medialized healing abutments and a total of 58 Straumann implants (Institut Straumann AG, Waldenburg/BL, Switzerland) of Bone Level Type were used, 3.3, 4.1 and 4.8 mm in diameter and length between 8 and 14 mm. Surgery and prosthetic procedures were performed according to manufacturer's instructions and established protocols published beforehand. Once the osseointegration period was over, implant loading began by means of using cemented prosthesis.

IV.1 Measurement of the bone level with radiographics.

X-ray explorations were taken for peri-implant bone level at the minute the last cementing of the prosthesis and at 1-year follow-up. X-ray exploration was carried out with periapical radiographies (Kodak Ultraspeed Dental Film, Eastman Kodak, Rochester, USA), with the dental radiology tool Siemens Heliodont MD model X1744 (Sirona Dental Systems GmbH D-64625, Bensheim Germany) set at 70 Kv and 7 mA. Two methods were used for getting the X-rays:

- Method 1 (paralleling standard technique): the X-ray was taken by using long cone parallel technique employing a positioner (X-ray Holders KerrHawe SA, CH-6934 Bioggio, Switzerland) which was placed on the 30.5 × 40.5 mm size film (Kodak Ultraspeed size II Dental Film, Eastman Kodak, Rochester, USA), parallel to the long axis of the implant and perpendicular to the X-ray central cone. A silicone bite register (Aquasil Soft Putty/Regular Set, Dentsply

DeTrey GmgH 78467 Konstanz, Germany) was placed on the positioner where the patient left a print of the occlusal sides of teeth, and this way, it allowed reposition of control X-ray in the next years.

- Method 2 (modified technique): size 22 × 35 mm pediatric X-ray (Kodak Ultraspeed size 0 Dental Film, Eastman Kodak, Rochester, USA) was used. By using silicone, the X-ray film was placed parallel to the longitudinal axis of the implant so that the implant neck was positioned in the centre of the film. The X-ray was taken by placing the X-ray cone perpendicular to X-ray plane and without holder device.

Each X-ray film was photographed with a digital camera, (D1, Nikkon Medical Objective, Nikon Corporation, Tokyo, Japan) and they were processed in a Hewlett Packard (Intel® Core™ Duo, Inside™). The measurements were performed by means of NHI Image (Wayne Rasband, U.S. National Institutes of Health). It was used to digitally process and manipulate the radiographic images and perform the measurements.

IV.2 Measurement of soft tissues.

In a total of 15 patients from the test group, the soft tissue changes were investigated, after 15 days post-cemented of final restoration and at 1-year follow-up. Each implant crowns and soft tissue, including at least one adjacent tooth on each side was photographed with a digital camera, (D1, Nikkon Medical Objective, Nikon Corporation, Tokyo, Japan) and they were processed in a Hewlett Packard (Intel® Core™ Duo, Inside™). The

Summary

measurements were performed by means of NHI Image (Wayne Rasband, U.S. National Institutes of Health). This software was used to digitally process and manipulate the radiographic images and perform the measurements.

The parameters of measure were two:

- Measurement of the distance from the top of the papilla to the contact point: for correct definition of points to be measured, a retracting thread (Ultrapak # 000, South Jordan, Utah, USA) was placed on inter-proximal spaces of implant supported crown to determine the precise situation of contact point. Later we marked them by means of a permanent thin pen (Lumonocolor NR 18-3, Staedtler, Germany) on the top of the papilla. This way two points remain clearly seen, between which we proceed to measure.
- Measurement of the apico-coronal crown length: the measurements were made from a vertical line that connects the most apical extent of the facial sulcus to tangent that outlines the incisal edges or cusp tips of teeth adjacent to the implant restoration.

IV.3 Data analysis.

IV.3.1 Radiographic method.

The differences between the data of the two measurement techniques have been evaluated using tests for paired data. Tests comprise the parametric student T-test and the non-parametric Wilcoxon test depending

on the data distributions while the contrast of normality was made with the Shapiro-Wilks test. Firstly, a linear regression model was used to assess the principal effects. Secondly, the effect of differences in the levels of the factors on the model was analyzed by ANOVA. Logarithmic transformations were applied to the data for normality. Differences were considered statistically significant for p values less than .05. Statistical treatment of data was performed using software R (www.r-project.org, version 2.11.1).

The data obtained with the two methods were analyzed by calculating the median difference, the range, the percentage number of differences within ± 0.25 mm, ± 0.50 mm and ± 1.0 mm as well as the precision standard deviation (SD).

$$(SD = \sqrt{\frac{\sum(differences)^2}{2n}})$$

IV.3.2 Bone levels and soft tissues.

Initially, the variable difference that measures the difference of measurement between the baseline and 1-year variables has been created. The description of the data has been set. Next, the differences between both times have been valued, using tests for matched up data. In the case of existing normality in the difference, the Student T-Test has been used; in cases where the variables were not normal, the Wilcoxon test was used. The Shapiro-Wilks test was used for the contrasts in normality. Differences were considered statistically significant for p values less than .05. Statistical treatment of data was performed using software R (www.r-project.org, version 2.11.2).

Summary

V. RESULTS.

V.1 Results of radiographic method.

Peri-implant bone levels related to the implant shoulder. With the method 1, the mean was 0.48 mm, ranging from 0.00 - 1.44 mm, and the precision was 0.43 mm. With the method 2, the mean was 0.74 mm, ranging from 0.00 - 2.92 mm and the precision was 0.66 mm. The median difference between both methods was -0.18 mm interquartile range (IR) 0.58; 41.1 % were within ± 0.25 mm, 69.7 % were within ± 0.50 mm and 92.9 % were within ± 1.0 mm The bone levels with method 1 were statistically significant taken in the method 2 ($p \leq 0.001$).

The variations of implant width measurement with both methods were: with method 1: the mean was 4.06 mm, the mean difference was -0.04 mm with a range of -0.31 - 0.14 mm. The precision was 0.08 mm. The 92.9% of values were within a difference of ± 0.25 mm, and 100% within ± 0.5 mm. With method 2: the mean was 4.18 mm, the differences mean was 0.08 mm with a range of -0.26 - 0.63 mm, and the precision of 0.13 mm. The 92.9% of the values were within a difference of ± 0.25 mm, and 96.4% within ± 0.5 mm. The implant width with method 1 were statistically significant taken in method 2 ($p = 0.002$).

V.2 Results of bone levels.

1. The results that were obtained during the measure of bone loss in the implants that were placed with standard platform in a soft tissue level were as follow: a 50 measures were done immediately post-cemented the loss mean of bone tissue were 1.81 mm (range 1.48 – 2.21 mm), SD 0.18.

Summary

After a year, the mean was 2.23 mm (range 1.74 – 2.72 mm), SD 0.22. The mean of the difference between both measures were 0.42 mm, SD 0.11 and the difference between both measures were considered statistically significant ($p<0.001$).

2. The results that were obtained during the measure of bone loss in the implants that were placed with platform switching in a crestal bone level are as follow: a 116 measures were done immediately post-cemented, the loss mean of bone tissue were 0.72 mm (range 0.00 – 5.43 mm), SD 0,85.

After a year, the mean was 0.68 mm (range 0.00 – 5.65 mm), SD 0.88. The median of the difference between both measures were - 0.01 mm, IR 0.50 and differences statistically significant were not found between both measures ($p=0.174$).

3. In this way, we can affirm that the nearly value of 75% of loss of bone tissue with platform switching implants (range: -1.42 – 2.20 mm) improve the result obtained with standard platform implant (range: 0.18 – 0.61 mm).

V.3 Results of soft tissues.

1. Measurement of the distance from the top the papilla to the contact point: out of 47 measurements taken at the beginning of the study, the distance mean is 2.09 mm (range 0.00 – 4.90 mm), SD 1.32. After a year, the mean is 1.54 mm (range 0.00 – 4.28 mm), SD 1.07. The median of the difference between both measurements is -0.36 mm, IR 0.98, the difference between the two measurements was considered to be statistically significant, ($p<0.001$).

Summary

2. Measurement of the apico-coronal crown length: out of 26 initial measurements the mean length is 9.44 mm (range 5.81 – 12.50 mm), SD 1.71. After a year, the mean length is 9.28 mm (range 5.39 – 11.52 mm), SD 1.75. The mean of differences between both measurements is -0.16 mm, SD 0.78. No statistically significant difference was shown between the two measurements ($p=0.295$), the confidence interval at 95% for differences mean (-0.151, 0.479).

VI. DISCUSSION.

VI.1 Radiographic method.

The precision cannot be achieved if a bisecting-angle geometry technique is used. With the advent of right-angle technique combined with paralleling technique and a customized bite records combined with a long-cone technique, projection errors related to rotation and angulation can be significantly decreased. When taking periapical radiographs an attempt should be made to perfectly align the radiographic film with the long axis of the implant to evaluate crestal bone loss patterns. Some authors have studied the signs of angulation in radiographs of implants and they have concluded that the limit at which one could misinterpret a radiograph is between 5 and 10 degrees of angulation, it was shown that, depending on the width of the alveolar ridge and buccolingual position of a fixture, the distortion between bone margins can vary between 0.1 – 0.25 mm at 1° angulation and 4.8 mm at 20° angulation. The 90-degree periapical radiograph provided the most consistently accurate measurements with the least variation of all the techniques evaluated. Therefore, to make a correct diagnosis, it is important that radiographs with signs of angulation be rejected. These findings stress the need of using accurate methods of standardization for longitudinal control of peri-implant bone height changes. Furthermore, several authors have reported that the results of periapical radiography, with respect to the degree of crestal bone loss, underestimate the results of histometric analyses. One reason for this phenomenon might be that even though a right-angle technique was used, a parallel orientation of the bite block (film plane) to the long axis of the tooth/implant could not always be achieved.

Summary

Several successful criteria have been established by different authors so far. For Brägger *et al.* a mean crestal bone loss ranging from 0.9 mm to 1.6 mm during the first postsurgical year was accepted as a criterion for implant success. A mean annual crestal bone loss ranging from 0.05 mm to 0.13 mm in the maintenance period was listed as the third criterion for a successful implant system. But actually, for a single comparison of bone height change, any method has not detected a difference in the range of 0.1 mm, which was described to be an acceptable mean loss per year during maintenance for an implant system. When evaluating peri-implant changes, other authors have pointed out that radiographic evaluation of peri-implant bone level cannot be over a precision of 0.5 mm when parallelism is not guaranteed and the distance focus-object is under 380 mm. For Moberg *et al.* the radiographic precision in measuring the distance between crown and alveolar bone was approximately 0.2 mm implying a random error of up to 0.4 mm for a registration with a 95% probability. In our results the precision with method 1 was 0.08 mm and with method 2 was 0.13 mm. Thus, the precision was higher with standard technique but by using the modified technique the precision was within the reference values described in the literature.

Apart from the problems of radiographic distortion for disparallelism, there is another important factor to be considered capable of giving rise to important methodological errors. This is the correct definition and localization of the structures to be evaluated on the film. The main source of error seemed to be the recognition of reference points on the interface between the alveolar bone and teeth/implant. In order to avoid or minimize these errors, several standardized procedures have appeared in literature. This way, accessories to standardize series of X-rays are

available; so, levels of mesial and distal marginal changes to implants could be registered by taking the threads of fixings as an internal reference, the accuracy *in vitro* of this method has been informed to be within a range of 0.3 mm. Another work that tests the reproducibility of peri-implant bone height measurement related to the reference points on the fixings results in a measurements difference mean of 0.26 ± 0.5 mm. In our work the mean of difference when implant width was measured, so we have eliminated the distortion produced by an incorrect definition of the reference points, was - 0.04 mm with the standard method and 0.08 mm with the proposed modification. Although it was bigger with the gold standard technique than with the modified technique, precision was very high for both methods and accurate enough for clinical use.

VI.2 Peri-implant crestal bone loss.

Several longitudinal X ray studies show that the loss of crestal bone that surrounds the polished part of implants is around 0.9 to 1.6 mm during the first year of implant function. After first year, there is a loss of annual crestal bone around 0.05 to 0.13 mm. These discoveries are so consistent that the measures of 1.5 mm during the first year, and less than 0.2 mm for all following years have been a criterion of success to the endosseous implants in general. There is published a huge amount of literature about bone resorption around conventional platform implants, but it's worth to mention: Buser (1999) observe that the mean re-absorption were 3.07 after 12 months of surgery; Mericske-Stern (2001) made a study along three years of evolution taking measures in mesial and distal of implant, obtaining an mean of 2.7 ± 0.9 mm in mesial and 2.9 ± 0.9 mm in distal at the minute the last cementing of the prosthesis, that increase to an mean of loss bone of 2.18 mm in standard platform implants of 1.8 mm (polish part

Summary

of implants), along a following period of 2 years in early loaded protocol. In a recent review and meta-analysis (Atieh, 2010), the range of the marginal bone loss in the platform-switched group and a platform-matched group was 0.055 to 0.99 and 0.19 to 1.67 mm respectively. In this later study, a statistically significant reduction in peri-implant bone loss was reported around platform-switched implant in seven studies, whereas three studies failed to show any significant difference between the two groups. The authors concluded that platform switching may preserve the inter-implant bone height and soft tissue levels. The degree of marginal bone re-absorption was inversely related to the extent of implant abutment mismatch.

In our results show that in the group of standard platform the annual mean loss of bone is 0.42 mm while the mean loss of bone tissue with platform switching implants were 0.04. Therefore, there is less resorption of peri-implant crestal with platform switching implants than those that standard platform were used. So we can confirm that: the 74% of sample of F is under the minimum of sample E (0.176 mm). Thus, the nearly value of 75% of loss of bone tissue with platform switching implants (range: -1.424 – 2.200) improve the result obtained with standard platform implant (range: 0.178 – 0.613).

VI.3 Soft tissues levels.

The amount of loss of the inter-implant papilla may be affected by such factors as the severity of bone loss prior to implant placement, quality of the alveolar mucosa, position of the implants in relation to the adjacent teeth, proximity of implants to each other as well as the angulations between two adjacent implants, and the time, the greatest change in soft

tissue height occurred between 1 and 6 weeks following the abutment connection procedure. The position of the implants in relation to the adjacent teeth, not only in a mesiodistal dimension but also in an apicocoronal position, will affect the emergence profile and soft tissue contouring. The proximity of implants to each other will not only affect the amount of space for soft tissue manipulation but it may also affect the blood supply to the interimplant papillary region. Soft tissue profiles may also be modified using different abutments and the use of temporary restorations at the time of abutment connection.

Several researchers have studied soft tissue modification after abutment placement. Choquet *et al.* established that the papilla level around single-tooth implant restorations is mostly related to the bone level adjacent to the teeth and more specifically to the bone crest. The regeneration of papilla after single implant treatment is successful with a distance of 5 mm between the contact point and the bony crest. Above 5 mm, the occurrence of papilla regeneration is at least 50% but with no predictability. These results clearly show the influence of the bone crest on the presence or absence of papilla between implant and adjacent teeth. The predictable presence of inter-dental soft tissue is dependent upon the position of the interproximal bone height and its relation to the contact point. When the distance from the contact point to interproximal height of bone is greater than 5 mm, avoiding the black triangle is difficult. Priest (2003) established papilla regeneration was a regular finding that occurred in 83.9% and sulcular recession was less predictable and was observed on 59.6% of implants. Tissue changes occurred in 1 year or less, and long-term loss of papilla and further sulcular recession were not observed. Papilla continued a slight increase in height of 0.2 mm, and sulcular depth remained

Summary

relatively stable. Cardaropoli *et al.* reported that the thickness of the labial mucosa was increased at crown placement followed by a slight remission at 1 year. During the corresponding interval, a mean apical displacement of the labial soft tissue margin of 0.6 mm had taken place, a papilla fill of > 50% was observed at a frequency of 32% at crown placement and 86% at 1 year. Nevertheless, Henriksson *et al.* finds that buccal tissue increased significantly after placement of the abutment cylinder and the implant crown. This increased of buccal contour was reduced after 1 year. Furthermore, no relationship was established between the presence of papilla and the distance between the contact point and the underlying bone crest.

All these authors carry out their studies on conventional implants and most of them refer only to front sector. With the new design of implants, platform switching, the horizontal position of micro-gap is modified, so marginal bone resorption is reduced and consequently the support for soft tissues could be improved. One of the latest works studies the preservation of peri-implant soft and hard tissues using platform switching of implants placed in immediate extraction sockets. This study concluded that interproximal papilla showed no apical migration and a slightly increased papillary level was noticed in some cases; mean papilla height gain was 0.25 mm, the buccal margin did not show any perceptible change; in fact, when recession was examined, a mean gain of 0.2 mm was observed. Canullo *et al.* (2009), a papilla height gain of +0.045 mm on average is reported. On the contrary in control group it was -0.88 mm. The same author in a later study confirmed that marginal bone levels were better maintained at implants restored according to the platform-switching concept. He also establishes a relationship between the extent of platform

Summary

switching and the amount of marginal bone loss. In a recent review and meta-analysis, the author concluded that platform switching may preserve the inter-implant bone height and soft tissue levels.

In this study an implant bone level system was used in conjunction with platform switching to improve and maintain soft tissue levels. All implants are placed at the posterior location just the opposite of most publication that are centered on at the anterior location. A reduction in the distance from the top the papilla to the contact point contact was observed (-0.36 mm), so growth of the papilla is observed after a year. It is the place where the biggest change of peri-implant soft tissues is produced. In this study, significant changes in buccal margin haven't been observed after a year either. Further research that clearly evaluates aesthetic outcomes with larger sample size and longer follow-up period is recommended to validate the aesthetic advantages of platform switching.

Summary

VII. CONCLUSIONS.

1. The modified radiographic technique can allow the use of a technique precise enough for the assessment of peri-implant bone level changes.
2. The main source of error seemed to be the recognition of reference points on the interface between the alveolar bone and implant.
3. Platform-Switching design preserves the crestal bone levels to 1-year follow-up.
4. A reduction in the distance from the top the papilla to the contact point was observed, so growth of the papilla is observed after a year.
5. In this study, significant changes in buccal margin haven't been observed after a year.

X. ANEXO I.

TECHNICAL REPORT

A paralleling technique modification to determine the bone crest level around dental implants

F-F Noelia*, B Rilo, MJ Mora, I Martínez-Silva and U Santana

Faculty of Medicine and Odontology, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain

The aim of this report is two-fold. First it analyses the precision of a modification of the parallel technique that can be used in those cases with anatomical limitations. Second, it checks the influence of the reference points' definition of objects to be measured by using both the original and the modified radiographic techniques. 2 intraoral radiographs were taken of 28 implants with 2 different methods, a standard paralleling technique and a modified technique that used a smaller film and a silicone spacer to assure parallelism. Measurements of peri-implant bone levels and implant width were made in triplicate on digitized film radiographs. The results of the peri-implant bone levels were: with the parallel method the mean was 0.44 mm and the precision was 0.43 mm; with the modified method the mean was 0.73 mm and the precision was 0.66 mm. In addition to the correct localization of the point of reference in this study, the precision with the parallel method was 0.08 mm and with the modified method was 0.13 mm. Although it was greater with the gold standard technique than with the modified technique, precision was very high for both methods and accurate enough for clinical use.

Dentomaxillofacial Radiology (2011) 000, 1–5. doi: 10.1259/dmfr/45365752

Keywords: dental implants; bone resorption; radiographic image interpretation; diagnostic imaging

Introduction

One of the criteria of success in the osseointegration of dental implants is the maintenance of a stable height of the marginal bone under functional loads.¹ Two aspects are very important for evaluating bone height: first, the assessment of bone level changes over time requires radiographic methods with a high degree of precision and second, the correct definition and localization on the images of the structures which were intended to be assessed.

Intraoral radiography using the parallel technique is the recommended method for visualizing minute bone changes, despite the continual improvements of extraoral radiographic systems.² By using this technique, high accuracy in measurements can be obtained.³ The parallel technique is defined as the parallelism between the object to be studied and the plane of the film while the central axis of the X-ray is perpendicularly adjusted

to both planes. Unfortunately, it is much easier to get a perpendicular position of the X-ray central axis to the film than to the object. When the object is a dental implant, it is even more difficult because the body of the implant is situated within the alveolar bone so it cannot be seen.⁴ Owing to the above mentioned problems, many studies have been based on the evolution of the radiographic method made with the perpendicular technique (right-angle technique), described in the 1950s and 1960s by Benkow⁵ for the study of the bone crest on teeth and later improved by Larheim and Eggen.⁶ This shows for the first time in dental implantology history that standardized radiographs can be improved if an individualized bite record is used in combination with the bite block and the long cone technique.^{5,6} The use of a correctly applied X-ray positioner provides a perpendicular alignment of the X-ray cone through the film and consequently a fixed position of the focal spot. Many factors can produce inaccuracy in determining the levels of proximal bone to oral implants. The unsolved key point is the image distortion, generally magnification, owing to the oblique position of the object and this often happens

*Correspondence to: Fernández-Formoso Noelia, Prosthodontics Department, Faculty of Medicine and Odontology, Santiago de Compostela University, 15705 Santiago de Compostela, Spain. Fax: 34-98-156-2226; E-mail: noelia160683@hotmail.com

Received 17 September 2010; revised 5 January 2011; accepted 4 February 2011

in the maxilla because of the strong inclination of the palate and/or a low palate. When taking radiographs of an extremely resorbed mandible, it is often impossible to place the film intraorally because of the interference of the floor of the mouth.^{7,8}

Another important factor to be considered is the correct definition and localization on the radiographic film of the structures which are intended to be assessed. When considering the radiographic evaluation of the marginal bone height, the distance between two reference radiographic points is measured. The most common are the neck of the implant as this is an easy point to recognize owing to its shape, its metallic structure that stands out clearly on the plate and the fact it is the most apical contact point of the bone with the implant. One may have trouble finding this point because of scarce bone definition or superimposition of bone images corresponding to the crest on the buccal side that may coincide with crest height in the lingual or palatal side. Some authors have pointed out this important methodological limitation by stating that the main source of errors may be the correct recognition of the reference points in the interface between the alveolar bone and the implant or tooth.⁹

The aim of this work is two-fold: to analyse the precision of a modification of the long cone parallel technique that can be used in those cases with important anatomical limitations and to check the influence of the reference points definition to be measured by using the standard and the modified techniques.

Material and methods

A total of 25 patients were chosen from October 2008 to July 2009 at the Dental Prosthesis Unit of the Faculty of Medicine and Dentistry of the University of Santiago de Compostela, Spain, for rehabilitation by means of implant-retained fixed prosthesis. The sample comprised a total of 18 women and 7 men with an average age of 47.8 years (range 24–74 years). The patients included in this study did not show relevant pathology and smokers were not included.

The design of this study received full approval from the Ethical Research Committee of the Faculty of Medicine and Odontology, University of Santiago de Compostela, Spain. The patients were informed of the aims and methods of the study and all gave their consent to participate.

A total of 28 Straumann implants (Institut Straumann AG, Waldenburg/BL, Switzerland) of Bone Level Type were used measuring 4.1 mm in diameter with lengths of between 10 mm and 12 mm. Surgery and prosthetic procedures were performed according to the manufacturer's instructions and established protocols published beforehand. Once the osseointegration period was over, implant loading began by means of using cemented prosthesis. As soon as the last cementing of

the prosthesis was performed, a radiographic examination was taken for peri-implant bone level evaluation.

The radiographic examination was carried out with periapical radiographs (Kodak Ultraspeed Dental Film, Eastman Kodak, Rochester, NY) with a Siemens Heliodent MD model X1744 (Sirona Dental Systems GmbH D-64625, Bensheim Germany) X-ray machine set at 70 kV and 7 mA. Two methods were used to obtain the radiographs:

- Method 1 (paralleling standard technique): the radiograph was taken using the long cone parallel technique by employing a positioner (X-ray Holders, KerrHawe SA, CH-6934 Bioggio, Switzerland) which was placed on the 30.5 × 40.5 mm size film (Kodak Ultraspeed size II Dental Film, Eastman Kodak, Rochester, NY), parallel to the long axis of the implant and perpendicular to the X-ray central cone. A silicone bite register (Aquasil Soft Putty/Regular Set, Dentsply DeTrey GmgH 78467 Konstanz, Germany) was placed on the positioner where the patient left a print of the occlusal sides of their teeth, allowing the reposition of the control X-ray in subsequent years (Figure 1)
- Method 2 (modified technique): a 22 × 35 mm size pediatric X-ray (Kodak Ultraspeed size 0 Dental Film, Eastman Kodak, Rochester, NY) was used. Using silicone, the radiograph film was placed parallel to the longitudinal axis of the implant so that the implant neck was positioned in the centre of the film. The radiograph was taken by placing the X-ray cone perpendicular to X-ray plane (Figure 2).

Two radiographs were obtained using Methods 1 and 2 for each of the 28 implants. Then the intraoral radiographs were scanned (Hewlett-Packard ScanJet 4 C/T, Boise, ID) into a Pentium computer and digitalized. The radiographs were stored in bmp-format using 256 grey levels. The measurements were performed by means of NIH Image (Wayne Rasband, US National Institutes of Health). It was used to digitally



Figure 1 Clinical photograph of radiographic Method 1



Figure 2 Clinical photograph of radiographic Method 2

process and manipulate the radiographic images and perform the measurements.

Measurements performed with both methods correspond to:

- Distance between the first point of bone-implant contact and the implant shoulder either in the mesial or distal to analyse the precision of the modified technique
- Measurement of the implant shoulder width to check the influence of the reference points definition.

All measurements were repeated three times. When two or more of the measurements were identical, the matching measurements were considered correct. If all three measurements varied, they were averaged to provide the accepted measurements. All measurements were rounded to the nearest 0.1 mm for presentation in this article.

Data analysis

The differences between the data of the two measurement techniques were evaluated using tests for paired data. The tests comprise the parametric Student's *t*-test and the non-parametric Wilcoxon test depending on the data distributions while the contrast of normality was made with the Shapiro-Wilks test.

Firstly, a linear regression model was used to assess the principal effects. Secondly, the effect of differences in the levels of the factors on the model was analysed by ANOVA. Logarithmic transformations were applied to the data for normality and homoscedasticity.

Differences were considered statistically significant for *P* values <0.05. Statistical treatment of the data was performed using software R (www.r-project.org, version 2.11.1).

The data obtained with the two methods were analysed by calculating the median difference, the range, the percentage number of differences within ±0.25 mm, ±0.50 mm and ±1.0 mm and the precision (standard deviation, SD):

$$\left(SD = \sqrt{\frac{\sum (differences)^2}{2n}} \right)$$

Results

For peri-implant bone levels related to the implant shoulder using Method 1, the mean was 0.44 mm, ranging from 0.00 mm to 1.43 mm, and the precision was 0.43 mm. Using Method 2 the mean was 0.73 mm, ranging from 0.00 mm to 2.92 mm, and the precision was 0.66 mm. The median difference between both methods was -0.25 mm; 41.1% were within ±0.25 mm, 69.7% were within ±0.50 mm and 92.9% were within ±1.0 mm. The bone levels using Method 1 were statistically significant different compared with Method 2 (Wilcoxon matched pair sign rank test *P*≤0.001; Table 1).

The variations of implant width measurement with both methods were:

- Method 1 — the mean was 4.060 mm, the mean difference was -0.04 mm with a range of -0.30 mm to 0.13 mm. The precision was 0.08 mm. 92.9% of values were within a difference of ±0.25 mm and 100% were within ±0.5 mm.
- Method 2 — the mean was 4.184 mm, the differences mean was 0.08 mm with a range of -0.25 mm to 0.63 mm and the precision was 0.13 mm. 92.9% of the values were within a difference of ±0.25 mm and 96.4% were within ±0.5 mm. The implant widths using Method 1 were statistically significantly different compared with Method 2 (Student's *t*-test *P* = 0.002; Table 2).

Discussion

Periapical radiography allows examination of crestal bone levels precisely at the mesial and distal sites of an implant only if proper projection geometry is

Table 1 Results of measurements of the mesial and distal peri-implant bone level related to the implant shoulder

	Method 1	Method 2
Mean ± SD	0.477 ± 0.434	0.736 ± 0.663
Median ± IR	0.406 ± 0.846	0.580 ± 0.851
Minimum	0.000	0.000
Maximum	1.436	2.924
Mean difference ± SD	-0.259 ± 0.388	
Median difference ± IR	-0.183 ± 0.507*	
Minimum difference	-1.960	
Maximum difference	0.612	
Differences within ±0.25 mm	0.411 (41.1%)	
Differences within ±0.50 mm	0.697 (69.7%)	
Differences within ±0.75 mm	0.875 (87.5%)	
Differences within ±1 mm	0.929 (92.9%)	

**P* ≤ 0.001; SD, standard deviation

Table 2 Measuring of implant width with Methods 1 and 2

	Method 1	Method 2
Mean	4.060	4.184
Median \pm IR	-0.006 \pm 0.140	0.031 \pm 0.254
Minimum	-0.308	-0.259
Maximum	0.136	0.633
Mean difference \pm SD	-0.124 \pm 0.161*	
Median difference \pm IR	-0.077 \pm 0.266	
Minimum difference	-0.600	
Maximum difference	0.194	
Differences within \pm 0.25 mm	0.929 (92.9%)	0.929 (92.9%)
Differences within \pm 0.50 mm	1 (100%)	0.964 (96.4%)
Differences within \pm 0.75 mm	1 (100%)	1 (100%)
Differences within \pm 1 mm	1 (100%)	1 (100%)

* $P = 0.002$; SD, standard deviation

applied.¹⁰⁻¹² Such precision cannot be achieved if a bisecting-angle geometry technique is used. With the advent of the right-angle technique,⁵ the paralleling technique¹³ and customized occlusal records combined with a long-cone technique,⁹ projection errors related to rotation and angulation can be significantly decreased. When taking periapical radiographs an attempt should be made to perfectly align the radiographic film with the long axis of the implant to evaluate crestal bone loss patterns (right-angle technique combined with paralleling technique and a customized bite record).⁷ Some authors have studied the signs of angulation in radiographs of implants and they have concluded that the limit at which one could misinterpret a radiograph is between 5° and 10° of angulation. It was shown that, depending on the width of the alveolar ridge and buccolingual position of a fixture, the distortion between bone margins can vary between 0.1 mm and 0.25 mm at 1° angulation and 4.8 mm at 20° angulation.^{10,12} The 90° periapical radiograph provided the most consistently accurate measurements with the least variation of all the techniques evaluated. Therefore, to make a correct diagnosis, it is important that radiographs with signs of angulation be rejected. These findings stress the need for using accurate methods of standardization for longitudinal control of peri-implant bone height changes. Furthermore, several authors have reported that the results of periapical radiography, with respect to the degree of crestal bone loss, underestimate the results of histometric analyses.¹⁴ One reason for this phenomenon might be that even though a right-angle technique was used, a parallel orientation of the bite block (film plane) to the long axis of the tooth/implant could not always be achieved.

Several criteria for implant success have been established by different authors. For Brägger *et al*¹⁵ a mean crestal bone loss ranging from 0.9 mm to 1.6 mm during the first post-surgical year was accepted as a criterion for implant success. A mean annual crestal bone loss ranging from 0.05 mm to 0.13 mm in the maintenance period was listed as another criterion for a

successful implant system. However, for a single comparison of bone height change, no method has been able to detect a difference in the range of 0.1 mm, which was described as an acceptable mean loss per year during maintenance for an implant system. When evaluating peri-implant changes, other authors have pointed out that radiographic evaluation of peri-implant bone level cannot be more than a precision of 0.5 mm when parallelism is not guaranteed and the distance focus-object is under 380 mm.⁴ For Moberg *et al*¹⁶ the radiographic precision in measuring the distance between the crown and alveolar bone was approximately 0.2 mm, implying a random error of up to 0.4 mm for a registration with a 95% probability. In our results, the precision with Method 1 was 0.08 mm and with Method 2 it was 0.13 mm. Thus, the precision was higher with standard technique but with the modified technique the precision was within the reference values described in the literature.

Apart from the problems of radiographic distortion for non-parallelism, there is another important factor to be considered which is capable of giving rise to important methodological errors. This is the correct definition and localization of the structures to be evaluated on the film.^{9,17} The main source of error seemed to be the recognition of reference points on the interface between the alveolar bone and teeth/implant.¹⁸ In order to avoid or minimize these errors, several standardized procedures have appeared in the literature. Accessories aimed at standardizing series of radiographs are available. Levels of mesial and distal marginal changes to implants could be registered by taking the threads of fixtures as an internal reference. The accuracy *in vitro* of this method has been reported to be within a range of 0.3 mm.¹⁹ Another work that tested the reproducibility of peri-implant bone height measurement related to the reference points on the fixtures resulted in a measurement difference average of 0.26 ± 0.5 mm.²⁰ In our work the average difference when implant width was measured was -0.04 mm with the standard method and 0.08 mm with the proposed modification, indicating that we have eliminated the distortion produced by an incorrect definition of the reference points. Although it was greater with the gold standard technique than with the modified technique, precision was very high for both methods and accurate enough for clinical use.

In conclusion, the modifications proposed in this work can be useful when it is difficult to use the paralleling technique. The lack of positioner use and the size 0 dental film can allow the use of a technique precise enough for the assessment of peri-implant bone level changes. The uncertainty in the assessment of alveolar bone level in the present study was mainly dependent on difficulties in the recognition of reference points in the alveolar bone.

References

- Adell R. Long-term treatment results. In: Bränemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T (eds). *Tissue-integrated prostheses: osseointegration*

in clinical dentistry. Chicago, London, Sao Paulo and Tokyo: Quintessence Publishing Co. Inc, 1985, pp 175-186.

2. De Smet E, Jacobs R, Gijbels F, Naert I. The accuracy and reliability of radiographic methods for the assessment of marginal bone level around oral implants. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; **31**: 176–181.
3. Quirynen M, van Steenberghe D, Jacobs R, Schotte A, Darius P. The reliability of pocket probing around screw-type implants. *Clin Oral Implants Res* 1991; **2**: 186–192.
4. Schulze RK, d'Hoedt B. Mathematical analysis of projection errors in "paralleling technique" with respect to implant geometry. *Clin Oral Implants Res* 2001; **12**: 362–371.
5. Benkow HH. Periodisk-identiske og stereoskopiske intraorale røntgenopptak. *Dent Norske Tannlaege Tidende* 1956; **66**: 239–255.
6. Larheim TA, Eggen S. Measurements of alveolar bone height at tooth and implant abutments on intraoral radiographs. A comparison of reproducibility of Eggen technique utilized with and without a bite impression. *J Clin Periodontol* 1982; **9**: 184–192.
7. Hermann JS, Schoolfield JD, Nummikoski PV, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Crestal bone changes around titanium implants: a methodologic study comparing linear radiographic with histometric measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001; **16**: 475–485.
8. Lofthag-Hansen S, Lindh C, Petersson A. Radiographic assessment of the marginal bone level after implant treatment: a comparison of periapical and Scanora detailed narrow beam radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; **32**: 97–103.
9. Larheim TA, Wie H, Tveito L, Eggen S. Method for radiographic assessment of alveolar bone level at endosseous implants and abutment teeth. *Scand J Dent Res* 1979; **87**: 146–154.
10. Sewerin IP. Errors in radiographic assessment of marginal bone height around osseointegrated implants. *Scand J Dent Res* 1990; **98**: 428–433.
11. Gher ME, Richardson AC. The accuracy of dental radiographic techniques used for evaluation of implant fixture placement. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1995; **15**: 268–283.
12. Begoña Ormaechea M, Millstein P, Hirayama H. Tube angulation effect on radiographic analysis of the implant-abutment interface. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; **14**: 77–85.
13. Rosling B, Hollender L, Nyman S, Olsson G. A radiographic method for assessing changes in alveolar bone height following periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 1975; **2**: 211–217.
14. Gotfredsen K, Rostrop E, Hjørting-Hansen E, Stoltze K, Budtz-Jørgensen E. Histological and histomorphometrical evaluation of tissue reactions adjacent to endosteal implants in monkeys. *Clin Oral Implants Res* 1991; **2**: 30–37.
15. Brägger U. Radiographic parameters for the evaluation of peri-implant tissues. *Periodontology* 2000 1994; **4**: 87–97.
16. Moberg LE, Köndell PA, Kullman L, Heimdahl A, Gynther GW. Evaluation of single-tooth restorations on ITI dental implants. *Clin Oral Impl Res* 1999; **10**: 45–53.
17. Hausmann E, Allen K, Dunford R, Christersson L. A reliable computerized method to determine the level of the radiographic alveolar crest. *J Periodontol Res* 1989; **24**: 368–369.
18. Brägger U, Häfeli U, Huber B, Hämmerle CHF, Lang NP. Evaluation of postsurgical crestal bone levels adjacent to non-submerged dental implants. *Clin Oral Implant Res* 1998; **9**: 218–224.
19. Hollender L, Rockler B. Radiographic evaluation of osseointegrated implants of the jaws. Experimental study of the influence of radiographic techniques on the measurement of the relation between the implant and bone. *Dentomaxillofac Radiol* 1980; **9**: 91–95.
20. Adell R, Lekholm U, Gröndahl K, Bränemark PI, Lindström J, Jacobsson M. Reconstruction of severely resorbed edentulous maxillae using osseointegrated fixtures in immediate autogenous bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implant* 1990; **5**: 233–246.

El trabajo de investigación que culmina con la elaboración de esta Tesis Doctoral ha sido realizado en el periodo comprendido entre diciembre del 2008 hasta junio del 2011 bajo el amparo económico de **“Axudas ó Programa María Barbeito para a formalización de contratos en prácticas. Nova adjudicación 2008”**. Cofinanciado por: Unión Europea, Fondo Social Europeo. Consellería de Innovación e Industria, Xunta de Galicia. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología. Orden: 31 de Julio de 2008 (D.O.G. nº 156, 13/08/2008).

